



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского»

# ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Новая серия

Серия Науки о Земле, выпуск 4



Научный журнал  
2016 Том 16

ISSN 1814-733X

ISSN 1819-7663

Издается с 2001 года

Продолжение «Известий Императорского Николаевского Университета» 1910–1918 и «Ученых записок СГУ» 1923–1962

## СОДЕРЖАНИЕ

### Научный отдел

#### География

- Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Демакина И. И.**  
Пространственно-временные особенности формирования засух в условиях меняющегося климата Саратовской области 201
- Каргашин П. Е., Каргашина М. А.** Система карт для обеспечения экологических исследований производственных объектов нефтегазовой отрасли 205
- Лапина С. Н., Морозова С. В.** К вопросу оправдываемости долгосрочных прогнозов погоды 210
- Лапина С. Н.** Метеорологические особенности лета 2015 года в Саратове 212
- Преображенский Ю. В.** Подходы к выявлению Центра и Периферии 216
- Савинова Т. Н., Рябуха А. Г.** Институт степи Уральского отделения РАН: история становления современного степеведения 221
- Чибилёв А. А., мл.** Физико-географическая и социально-экономическая характеристика природно-административного зонирования Оренбургской области 226

#### Геология

- Волкова Е. Н.** Результаты применения технологии предварительной оценки нефтегазового потенциала на разведочной площади Саратовской области 232
- Гончаренко О. П., Московский Г. А., Шелепов Д. А.** Особенности постседиментационных изменений и аксессуарная минерализация в породах заключительных стадий галогенеза внешней бортовой зоны Прикаспийской впадины 237
- Губатенко В. П., Московский И. Г.** Матричный метод решения задачи о сейсмoeлектрическом эффекте второго рода в геологической среде Био 241
- Логонова М. П., Колотухин А. Т.** Прогноз фазового состояния залежей углеводородов на юго-востоке Волго-Уральской провинции 248
- Первушов Е. М.** Представители рода *Camerospongia* (Porifera, Hexactinellida) из сеномана Поволжья 253

### Сведения об авторах

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № 77-7185 от 30 января 2001 года.

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-56167 от 15 ноября 2013 года

Индекс издания по объединенному каталогу «Пресса России» 36010, раздел 30 «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов».

Журнал выходит 4 раза в год

**Заведующий редакцией**  
Бучко Ирина Юрьевна

**Редактор**  
Малютина Елена Анатольевна

**Художник**  
Соколов Дмитрий Валерьевич

**Редактор-стилист**  
Степанова Наталия Ивановна

**Верстка**  
Степанова Наталия Ивановна

**Технический редактор**  
Ковалева Наталья Владимировна

**Корректор**  
Крылова Елена Борисовна

**Адрес учредителя и редакции:**  
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83  
**Тел.:** (845-2) 51-45-49, 52-26-89  
**E-mail:** izvestiya@sgu.ru

Подписано в печать 18.12.16.  
Формат 60x84 1/8.  
Усл. печ. л. 7,44 (8,0).  
Тираж 500 экз. Заказ 176-Т.

Отпечатано в типографии  
Саратовского университета.  
**Адрес типографии:**  
410012, Саратов, Б. Казачья, 112А

© Саратовский университет, 2016



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле» принимает к публикации на русском языке общетеоретические, методические, дискуссионные, критические статьи, результаты исследований в области наук о Земле, краткие сообщения и рецензии, а также хронику и информацию.

Объем публикуемой статьи не должен превышать 16 страниц, 5 рисунков и 4 таблиц.

Статья должна быть аккуратно оформлена и тщательно отредактирована.

Последовательность предоставления материала:

– на русском языке: индекс УДК, название работы, инициалы и фамилии авторов, сведения об авторах (ученая степень, должность и место работы, e-mail), аннотация, ключевые слова, текст статьи, благодарности, ссылки на гранты, библиографический список;

– на английском языке: название работы, инициалы и фамилии авторов, место работы (вуз, почтовый адрес), e-mail, аннотация, ключевые слова.

Отдельным файлом приводятся сведения о статье: раздел журнала, УДК, авторы и название статьи (на русском и английском языках); сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), e-mail, телефон (для ответственного за переписку обязательно указать сотовый или домашний). Если название статьи слишком длинное, то для колонтитула следует привести его краткий вариант.

Иллюстрации и таблицы должны быть представлены отдельным файлом в формате jpg, tiff, cdr, bmp, разрешением не меньше 300 dpi. Рисунки должны быть представлены в черно-белом виде.

Кроме статьи, сведений об авторах необходима также рецензия на статью в двух экземплярах.

Все материалы предоставляются как в бумажном, так и электронном виде.

Требования к аннотации и библиографическому списку:

– аннотация должна отражать основную суть публикации; оптимальный объем 500–600 знаков;

– в библиографическом списке должны быть указаны только процитированные в статье работы; ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Более подробная информация о правилах оформления статей, образцы оформления различных источников приведены вместе со стилевым файлом по адресу: [www.geo.sgu.ru](http://www.geo.sgu.ru).

Датой поступления статьи считается дата поступления ее окончательного варианта. Возвращенная на доработку статья должна быть прислана в редакцию не позднее чем через три месяца. Возвращение статьи на доработку не означает, что статья будет опубликована, после переработки она вновь будет рецензироваться.

Материалы, отклоненные редколлегией, не возвращаются.

Адреса для переписки с редколлегией серии: [farik26@yandex.ru](mailto:farik26@yandex.ru); 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, географический факультет, ответственному секретарю журнала «Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Науки о Земле».

## CONTENTS

### Scientific Part

#### Geography

- Ivanova G. F., Levitskay N. G., Demakina I. I.** Space-time Features of Formation of Droughts in the Conditions of Changing Climate Saratov Region 201
- Kargashin P. E., Kargashina M. A.** Construction the System of Maps to Support Environmental Researches of Petroleum Industry Facilities 205
- Lapina S. N., Morozova S. V.** As for the Verification Long-term Weather Forecasts 210
- Lapina S. N.** Meteorological Features During Summer 2015 in Saratov 212
- Preobrazhenskiy Yu. V.** The Approaches of a Center and Periphery Determination 216
- Savinova T. N., Ryabukha A. G.** Institute of the Steppe ub Ras: Story of Formation of Modern Steppe Science 221
- Chibilyov A. A. (junior)** Characterization of the Natural-administrative Zoning of the Orenburg Region 226

#### Geology

- Volkova E. N.** Results of Application of the Oil and Gas Potential Preliminary Assessment Exploration Technology over the Potential Area of Saratov Region 232
- Goncharenko O. P., Moskovskij G. A., Shelepov D. A.** Features of Postsedimentation Alteration Sand Accessory Mineralization with in Rocks at Final Stages of Halogenesis in the Outer Slope Zone of the Caspian Depression 237
- Gubatenko V. P., Moskovskiy I. G.** The Matrix Method for Solving the Problem of the Second Kind Seismoelectrical Effect in a Geological Medium Biot 241
- Loginova M. P., Kolotukhin A. T.** Forecast of the Phase State of Hydrocarbon Deposits in the South-East of the Volga-Ural Province 248
- Pervushov E. M.** Representatives of the Genus *Camerospongia* (Porifera, Hexactinellida) from the Cenomanian in the Volga Region 253

### Information about the Authors

259



**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛОВ  
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ»**

**Главный редактор**

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Заместитель главного редактора**

Короновский Алексей Александрович, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Ответственный секретарь**

Халова Виктория Анатольевна, кандидат физ.-мат. наук, доцент (Саратов, Россия)

**Члены редакционного совета:**

Балаш Ольга Сергеевна, кандидат экон. наук, доцент (Саратов, Россия)

Бучко Ирина Юрьевна, директор Издательства Саратовского университета (Саратов, Россия)

Данилов Виктор Николаевич, доктор ист. наук, профессор (Саратов, Россия)

Ивченков Сергей Григорьевич, доктор социол. наук, профессор (Саратов, Россия)

Коссович Леонид Юрьевич, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

Прозоров Валерий Владимирович, доктор филол. наук, профессор (Саратов, Россия)

Усанов Дмитрий Александрович, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

Устьянцев Владимир Борисович, доктор филос. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шамионов Раиль Мунирович, доктор психол. наук, профессор (Саратов, Россия)

Шляхтин Геннадий Викторович, доктор биол. наук, профессор (Саратов, Россия)

**EDITORIAL COUNCIL OF THE JOURNALS  
«IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY. NEW SERIES»**

**Editor-in-Chief** – Chumachenko A. N. (Saratov, Russia)

**Deputy Editor-in-Chief** – Koronovskii A. A. (Saratov, Russia)

**Executive Secretary** – Khalova V. A. (Saratov, Russia)

**Members of the Editorial Council:**

Balash O. S. (Saratov, Russia)

Buchko I. Yu. (Saratov, Russia)

Danilov V. N. (Saratov, Russia)

Ivchenkov S. G. (Saratov, Russia)

Kossovich L. Yu. (Saratov, Russia)

Makarov V. Z. (Saratov, Russia)

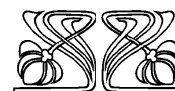
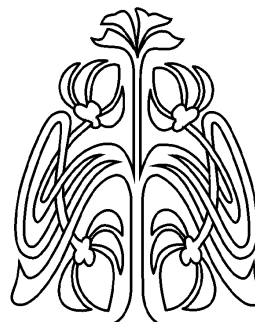
Prozorov V. V. (Saratov, Russia)

Usanov D. A. (Saratov, Russia)

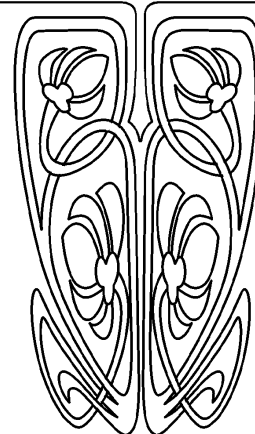
Ustiantsev V. B. (Saratov, Russia)

Shamionov R. M. (Saratov, Russia)

Shlyakhtin G. V. (Saratov, Russia)



**РЕДАКЦИОННЫЙ  
СОВЕТ**





**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА  
«ИЗВЕСТИЯ САРАТОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. НОВАЯ СЕРИЯ.  
СЕРИЯ: НАУКИ О ЗЕМЛЕ»**

**Главный редактор**

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор геогр. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Заместитель главного редактора**

Коробов Александр Дмитриевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

**Ответственный секретарь**

Молочко Анна Вячеславовна, кандидат геогр. наук (Саратов, Россия)

**Члены редакционной коллегии:**

Богданов Михаил Борисович, доктор физ.-мат. наук, профессор (Саратов, Россия)

Гужиков Андрей Юрьевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Гусев Виктор Александрович, кандидат с.-х. наук, доцент (Саратов, Россия)

Колотухин Анатолий Трофимович, кандидат геол.-минерал. наук, доцент (Саратов, Россия)

Московский Георгий Александрович, доктор геол.-минерал. наук, доцент (Саратов, Россия)

Первушов Евгений Михайлович, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Рихтер Яков Андреевич, доктор геол.-минерал. наук, профессор (Саратов, Россия)

Рыскин Михаил Ильич, кандидат геол.-минерал. наук, доцент (Саратов, Россия)

Самонина Светлана Сергеевна, кандидат геогр. наук, доцент (Саратов, Россия)

**EDITORIAL BOARD OF THE JOURNAL  
«IZVESTIYA OF SARATOV UNIVERSITY. NEW SERIES.  
SERIES: EARTH SCIENCES»**

**Editor-in-Chief** – Makarov V. Z. (Saratov, Russia)

**Deputy Editor-in-Chief** – Korobov A. D. (Saratov, Russia)

**Executive Secretary** – Molochko A. V. (Saratov, Russia)

**Members of the Editorial Board:**

Bogdanov M. B. (Saratov, Russia)

Guzhikov A. Yu. (Saratov, Russia)

Gusev V. A. (Saratov, Russia)

Kolotukhin A. T. (Saratov, Russia)

Moskovskij G. A. (Saratov, Russia)

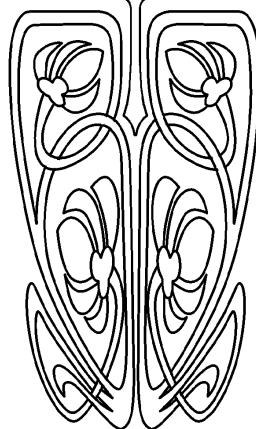
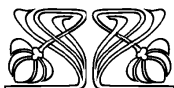
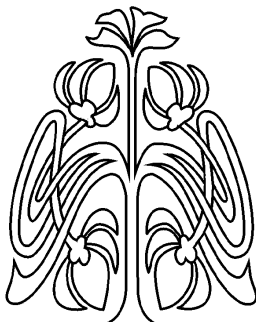
Pervushov E. M. (Saratov, Russia)

Richter Y. A. (Saratov, Russia)

Riskin M. I. (Saratov, Russia)

Samonina S. S. (Saratov, Russia)

**РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ**





## ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.577.38:633.1:631.559(470.4)

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАСУХ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая<sup>1</sup>, И. И. Демакина<sup>1</sup>

Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н. Г. Чернышевского

E-mail: kafmeteo@sgu.ru

<sup>1</sup>ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока», Саратов

E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

В статье представлен сравнительный анализ повторяемости засух различной интенсивности в отдельные отрезки вегетационного периода по природным зонам Саратовской области за 1981–2015 гг. и 1951–1980 гг. Показаны очаги возникновения засух и их повторяемость по площади охвата территории. Дана агрометеорологическая характеристика наиболее жесточайших засух и обоснованы последствия их влияния на валовые сборы зерна в Саратовской области.

**Ключевые слова:** интенсивность засухи, повторяемость, гидротермический коэффициент, урожайность, валовой сбор зерна.

#### Space-time Features of Formation of Droughts in the Conditions of Changing Climate Saratov Region

G. F. Ivanova, N. G. Levitskay, I. I. Demakina

In the article the comparative analysis of repeatability of droughts of different intensity is presented in the separate interval of vegetation period on the natural zones of the Saratov area in 1951–1980 years and after 1981–2015 years. Centers of origin of droughts and their repetition on the area of coverage of the territory are shown. Agrometeorological description of the cruelest droughts is given, and consequences over of their influence are brought on gross collections of grain in the Saratov area.

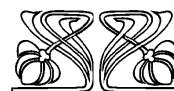
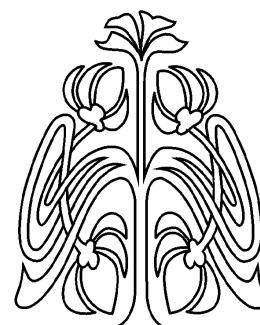
**Key words:** intensity of drought, repeatability, hydrothermal coefficient, productivity, gross collection of grain.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-201-205

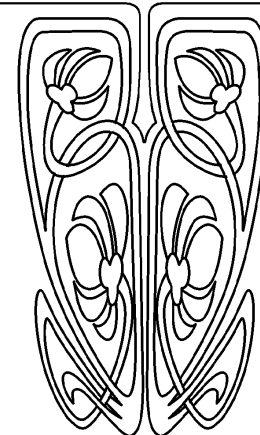
В условиях нестационарности и глобального потепления климата проблема мониторинга и оценки засушливых явлений вызвала особый практический интерес. В Поволжье, где частая повторяемость засух существенно снижает сельскохозяйственный потенциал региона, изучение пространственно-временных особенностей формирования засух и выявление тенденций их изменения продолжают оставаться в центре внимания ученых и специалистов.

Цель данного исследования состояла в выявлении на территории Саратовской области районов возникновения, площади распространения, повторяемости и интенсивности засух в отдельные отрезки вегетации и в целом за вегетационный сезон в период наиболее интенсивного потепления климата с 1981 по 2015 год.

В задачу статьи входит анализ особенностей формирования засух в наиболее ответственные периоды весенне-летней вегетации озимых культур (май–июнь), ранних яровых культур (май–июль), поздних яровых культур (июль–август), посева, осенней вегетации озимых культур (август–сентябрь) и всего вегетационного периода (май–сентябрь).



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





Исходным материалом для исследований послужили данные о температуре воздуха и осадках по 20 метеостанциям, взятые из агрометеорологических бюллетеней по Саратовской области, а также данные о площадях посева и урожайности основных зерновых культур, взятые из статистических сборников.

В статье использовались вероятностный и статистический методы, а также метод построения линейных трендов. Интенсивность засух оценивалась по гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК) в соответствии со следующими критериями этого показателя:  $ГТК \leq 0,3$  – очень сильная засуха;  $ГТК = 0,4–0,5$  – сильная засуха и  $ГТК = 0,6–0,7$  – средняя засуха.

Региональные проявления глобального потепления климата в Саратовской области выражаются в последовательном росте температуры воздуха, особенно значительном в холодный период, а также в увеличении осадков, выпадающих в осенне-зимний период, уменьшении их в теплый период года и существенном росте экстремальности выпадающих осадков [1–3]. Средняя годовая температура воздуха за период с 1981 по 2015 г. увеличилась по сравнению с климатической нормой за 1891–1980 гг. на  $1,4...1,7^{\circ}\text{C}$ . При этом средняя месячная температура января повысилась на  $3,1...4,1^{\circ}\text{C}$ , февраля – на  $2,4...3,0^{\circ}\text{C}$ , марта – на  $2,2...2,6^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура летних месяцев тоже повысилась, но всего на  $0,3...0,9^{\circ}\text{C}$ . Годовые суммы осадков увеличились на 7–10%. При этом произошло их существенное перераспределение между сезонами и месяцами. Максимальное увеличение осадков наблюдается в сентябре (27–41%), январе (15–35%) и марте (7–24%), а их повсеместное уменьшение – в мае (4–14%) и августе (3–15%).

Анализ повторяемости засух показал, что в исследуемый период на всей территории области она изменилась незначительно. В черно-

земностепных и сухостепных районах области повторяемость сильных и средних засух, продолжающихся в течение всего периода вегетации, в основном уменьшилась по сравнению с предшествующим 30-летним периодом на 5–10%, в лесостепи осталась практически без изменения, а в полупустынных районах увеличилась на 4–7% (табл. 1). При этом повторяемость засух в левобережных районах области была в 1,4–1,9 раза больше, чем в правобережных.

Во внутригодовой структуре засух максимум их повторяемости во всех природных зонах области приходится на июль–август.

Детальный анализ повторяемости засух различной интенсивности показал, что в черноземностепных и полупустынных районах в исследуемый период наблюдается рост повторяемости засух сильной интенсивности с  $ГТК \leq 0,5$  в мае–июле. Кроме того, в крайних юго-восточных районах области увеличивается число засух средней интенсивности с  $ГТК = 0,6–0,7$  в мае–июне и июле–августе (табл. 2).

Для оценки динамики интенсивности засух по ГТК в период с 1981 по 2015 г. были рассчитаны линейные тренды вида  $y = b_1x + b_0$  этого показателя за отдельные отрезки вегетации и в целом за вегетационный сезон для левобережных и правобережных районов области. Анализ линейных трендов указывает на то, что во все отрезки вегетации они отрицательны как в Правобережье, так и в Левобережье, что свидетельствует об общей тенденции уменьшения величины ГТК и роста засушливости вегетационного периода (рисунок).

При этом статистически значимые (на 5%-ном уровне значимости по критерию Стьюдента) коэффициенты линейного тренда наблюдаются в Левобережье в июле–августе ( $b_1 = -0,071$ ), августе–сентябре ( $b_1 = -0,071$ ) и в целом за вегетационный период ( $b_1 = -0,04$ ). В правобережных районах

Таблица 1

**Повторяемость засух в отдельные отрезки вегетационного периода по природным зонам Саратовской области за 1951–1980 гг. и 1981–2015 гг., %**

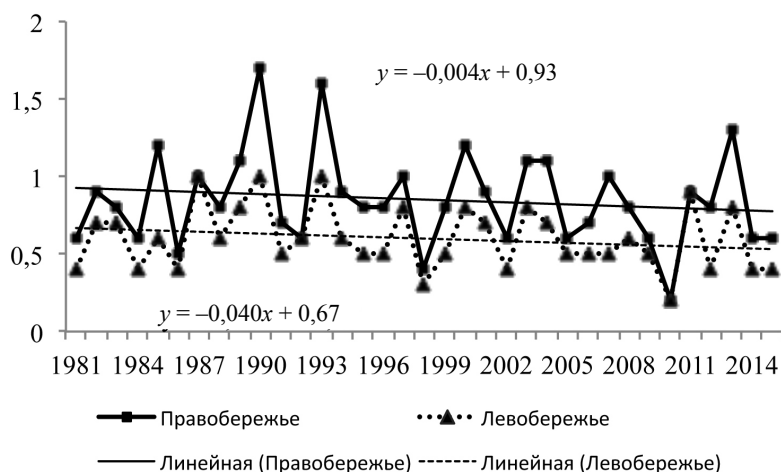
Период	Лесостепь	Засушливая черноземная степь	Сухая степь	Полупустыня
1951–1980 гг.				
Май–июнь	53	56	71	74
Май–июль	42	43	71	78
Июль–август	42	67	87	94
Август–сентябрь	40	64	76	86
Май–сентябрь	35	52	79	86
1981–2015 гг.				
Май–июнь	34	46	62	79
Май–июль	36	46	70	84
Июль–август	39	61	77	92
Август–сентябрь	40	52	61	79
Май–сентябрь	36	47	70	90



Таблица 2

**Повторяемость засух различной интенсивности (по величине ГТК) по природным зонам Саратовской области за 1951–1980 гг. и 1981–2015 гг., %**

Период	Интенсивность засух по ГТК	Лесостепь	Засушливая черноземная степь	Сухая степь	Полупустыня
1951–1980 гг.					
Май–июнь	ГТК ≤ 0,5	31	38	52	56
	ГТК = 0,6–0,7	22	18	19	18
Май–июль	ГТК ≤ 0,5	21	20	52	60
	ГТК = 0,6–0,7	21	23	19	18
Июль–август	ГТК ≤ 0,5	20	42	65	86
	ГТК = 0,6–0,7	22	25	22	8
Август–сентябрь	ГТК ≤ 0,5	22	42	58	73
	ГТК = 0,6–0,7	18	22	18	13
Май–сентябрь	ГТК ≤ 0,5	16	26	55	63
	ГТК = 0,6–0,7	19	26	24	23
1981–2015 гг.					
Май–июнь	ГТК ≤ 0,5	24	27	44	57
	ГТК = 0,6–0,7	10	19	18	22
Май–июль	ГТК ≤ 0,5	21	27	48	68
	ГТК = 0,6–0,7	15	19	22	16
Июль–август	ГТК ≤ 0,5	23	39	55	77
	ГТК = 0,6–0,7	16	22	22	15
Август–сентябрь	ГТК ≤ 0,5	22	32	48	65
	ГТК = 0,6–0,7	18	20	13	14
Май–сентябрь	ГТК ≤ 0,5	11	20	40	67
	ГТК = 0,6–0,7	25	27	30	23



Динамика гидротермического коэффициента по Правобережью и Левобережью за период наблюдений 1981–2015 гг.

области коэффициенты линейного тренда статистически значимы в эти отрезки вегетационного периода лишь на 10%-ном уровне значимости (табл. 3).

Исследование вопроса, связанного с определением районов возникновения сильных засух,

показало, что наиболее часто такие засухи наблюдаются в юго-восточных и центральных районах Левобережья. К основным очагам возникновения засух следует отнести Александрово-Гайский, Новоузенский, Краснокутский и Озинский районы, где сильные и очень сильные засухи в течение



Таблица 3

Коэффициенты линейного тренда ГТК ( $b_0$ ) в различные отрезки вегетационного сезона за 1981–2015 годы

Район	Май–июнь	Май–июль	Июль–август	Август–сентябрь	Май–сентябрь
Правобережье	-0,024	-0,050	<b>-0,078**</b>	<b>-0,075**</b>	-0,044**
Левобережье	-0,042	-0,045	<b>-0,071*</b>	<b>-0,071*</b>	<b>-0,040*</b>

\* 5%-ный уровень значимости, \*\* 10%-ный уровень значимости.

всего вегетационного периода наблюдались в 48–70% лет. Далее засухи распространяются на другие районы Левобережья, но уже с меньшей повторяемостью, изменяющейся от 26 до 40%. В Правобережье основным очагом возникновения засух является Красноармейский район, где сильные засухи в течение всего вегетационного сезона наблюдались в 29% лет, а их повторяемость в отдельные отрезки вегетации изменялась от 17 до 49%.

Для классификации засух по площади охвата территории было принято следующее допущение. Засуха с охватом до 30% территории считалась локальной, не вызывающей резкого снижения среднего областного валового сбора зерна. Засухи, охватившие от 31 до 50% территории, были отнесены к обширным, от 51 до 80% территории – к весьма обширным и от 81 до 100% территории – к чрезвычайным.

Проведенный анализ показал, что в правобережных районах области во все отрезки вегетационного периода преобладали локальные засухи, а в Левобережье в 46–68% лет засухи охватывали всю территорию и относились к группе чрезвычайных (табл. 4).

За исследуемый период на территории области наблюдалось 6 наиболее крупных засух (1981, 1984, 1988, 1995, 1998 и 2010 гг.), выделяющихся площадью распространения, продолжительностью и интенсивностью. Среди перечисленных наиболее засушливых лет в 1981, 1984, 1998 и 2010 гг. засуха сильной интенсивности отмечалась непрерывно с мая по сентябрь, а засухи 1988 г. и 1995 г. отличались засушливыми явлениями очень

сильной интенсивности в конце весны – начале лета и средnezасушливыми условиями во вторую половину вегетационного периода.

В вегетационные периоды с крупными засухами суммы активных температур изменялись по области от 3100 до 3750°C. Дополнительные тепловые ресурсы в Правобережье составляли 500–650°C, а в Левобережье – 650–800°C. Средняя температура основного периода вегетации зерновых (мая–июля) в 1998 г. превышала климатическую норму на 2,4–2,8°C, а в 2010 году – на 4,4–5,0°C. Сумма осадков за май–июль составляла в среднем 36–40% нормы, а за период активной вегетации (май–сентябрь) изменялась от 30 до 45%. Гидротермический коэффициент (ГТК) за весь период вегетации в 2010 г. оказался равным 0,2, в 1998 году – 0,3, в 1981 г. и 1984 г. – 0,5, что соответствует засухам очень сильной и сильной интенсивности.

Средняя по области урожайность зерновых культур в годы крупных засух изменялась от 3,9 до 6,3 ц/га, а валовой сбор зерна – от 1,1 (в 2010 г.) до 3,3 млн т (в 1988 г.).

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в период наиболее интенсивного потепления климата (1981–2015 гг.) по сравнению с предшествующим 30-летним периодом (1951–1980 гг.) повторяемость засух на территории Саратовской области существенно не изменилась. Вместе с тем заметно возросла интенсивность наблюдаемых засух. Критерий интенсивности засух (ГТК вегетационного периода) уменьшается по тренду со скоростью –0,04/10 лет.

Таблица 4

## Повторяемость засух по площади охвата территории в различные отрезки вегетационного периода за 1981–2015 гг., %

Тип засухи	Май–июнь	Май–июль	Июль–август	Август–сентябрь	Май–сентябрь
Правобережье					
Локальная	57	51	28	46	51
Обширная	3	6	23	8	14
Весьма обширная	17	14	23	17	14
Чрезвычайная	23	28	26	28	20
Левобережье					
Локальная	20	17	8	26	11
Обширная	11	11	8	8	17
Весьма обширная	23	17	14	6	17
Чрезвычайная	46	54	68	60	54





Основным очагом возникновения засух остаются южные, юго-восточные и центральные районы Левобережья. По площади распространения в Правобережье преобладают локальные засухи, охватывающие до 30% территории, а в Левобережье – чрезвычайные засухи, охватывающие 81–100% территории. За последний 65-летний период самыми жестокими оказались засухи 1998 г. и 2010 г., когда был получен самый низкий за всю историю валовой сбор зерна в области, составивший 1,1 млн т и 1,2 млн т.

Для снижения ущерба от засух необходимо дальнейшее совершенствование комплекса мер борьбы с этим опасным природным явлением, включающего селекцию новых засухоустойчивых сортов, оптимальное размещение культур по микроразнообразиям области с учетом их адаптивных способностей, внедрение и освоение правильных

севооборотов, применение рациональных систем обработки почвы, лесомелиоративные мероприятия и т. д.

### Библиографический список

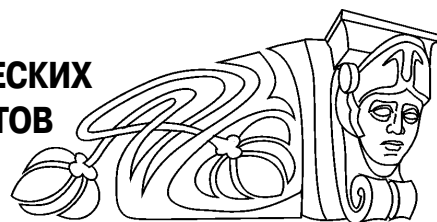
1. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Скларов Ю. А. Климатические изменения на территории Саратовской области и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2006. Т. 6, вып. 1. С. 10–15.
2. Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Орлова И. А. Оценка современного состояния агроклиматических ресурсов Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 10–12.
3. Левицкая Н. Г., Шаталова О. В., Иванова Г. Ф. Засухи в Поволжье и их влияние на производство зерна // Аграрный вестн. Юго-Востока. 2010. № 3–4. С. 71–74.

### Образец для цитирования:

Иванова Г. Ф., Левицкая Н. Г., Демакина И. И. Пространственно-временные особенности формирования засух в условиях меняющегося климата Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 201–205. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-201-205.

УДК 528.94+504.064

## СИСТЕМА КАРТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ



П. Е. Каргашин, М. А. Каргашина

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

E-mail: p.e.kargashin@mail.ru, m.kargashina@mail.ru,

В данной статье представлен обзор существующей практики экологических исследований. Особое внимание уделяется составу карт, сопровождающих проектную документацию на разных этапах жизненного цикла объектов нефтегазового комплекса. Выполненный анализ показал недостатки существующей системы тематического картографирования. Наиболее существенным является фактическое отсутствие связи между картами, составляемыми на разных этапах экологических исследований. Важным результатом данного исследования является разработка системы карт и подхода к ее построению в ряде частных случаев. Преимущество предлагаемого подхода заключается в передаче основных данных о состоянии природной среды и техногенных объектов от этапа к этапу посредством карт.

**Ключевые слова:** инженерно-экологические изыскания, тематическое картографирование, экология нефтегазового комплекса.

### Construction the System of Maps to Support Environmental Researches of Petroleum Industry Facilities

Р. Е. Kargashin, М. А. Kargashina

There is an overview of actual environmental research practice and its map support in this article. The overview demonstrates peculiarities

and disadvantages of ecological mapping on different stages of petroleum object life-cycle. The main disadvantage of the current practice that the series of maps have different content and they are made in different scales. As a result we suggested a list of mandatory maps which show a minimum of necessary data about nature, technical objects, impacts. By means of special graph we show how to manage maps and translate data for further researches with minimal data reduction.

**Key words:** thematic maps, petroleum industry, environmental research, environmental impact assessment.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-205-209

Современное развитие производственных сил и соответствующие ему темпы освоения природных ресурсов приводят к увеличению нагрузки на окружающую среду, существенным трансформациям природных систем, что, в свою очередь, сказывается на производстве и качестве жизни. С середины XX в. в практику начали входить работы по оценке воздействия существующего производства и намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Изучение теоретических работ [1–3] и нормативной документации [4–6] позволило выделить основные направления экологических исследований: анализ современного состояния окружаю-



щей среды, оценка потенциального воздействия, прогноз развития ситуации. В зависимости от этапа создания промышленного объекта (проектирование, строительство и т. д.) к экологическим исследованиям предъявляют разные требования в отношении детальности анализа, организации работ, форм представления результатов. Создание картографических материалов, отражающих природные и социально-экономические характеристики территории, состояние окружающей среды, существующую антропогенную нагрузку и т. д., является неотъемлемой частью исследований.

### **Краткий обзор практики экологических исследований и картографирования объектов нефтегазовой отрасли**

Существующая практика экологического картографирования в нефтегазовой отрасли тесно связана с этапами реализации строительных проектов. Выделяют шесть таких этапов (стадий жизненного цикла): прединвестиционный, предпроектный, проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция (консервация, ликвидация).

На *предынвестиционной стадии* основной задачей является оценка существующей антропогенной нагрузки. Согласно работе «Экология газового комплекса» [2] в картографических материалах следует отобразить данные земельного, лесного и других кадастров. Дополнительно на соответствующих картах показывают магистральные коммуникации, районы распространения опасных природных и техногенных процессов, зоны с повышенным содержанием загрязняющих веществ.

При учете данного списка картографических сюжетов при разработке перечня карт оптимальным представляется следующее его содержание: 1) природно-территориальные комплексы; 2) природные ресурсы, в том числе полезные ископаемые; 3) ООПТ и территории с ограниченным режимом природопользования; 4) структура промышленности и сельского хозяйства; 5) размещение планируемых объектов, источники и зоны воздействия; 6) оценка и прогноз изменений, экологический риск.

Масштабы составляемых карт различаются в зависимости от картографируемого объекта, но в общем случае относятся к средне- и мелкомасштабным. Характеристики показываются обобщенно, для достаточно больших по площади территорий.

На *предпроектной стадии* приоритет отдается изучению зональных и региональных характеристик природы, анализу природных процессов, современных особенностей хозяйственного использования территории. Выполняются также оценка, прогноз изменений от намечаемой деятельности и разработка системы природоох-

ранных мероприятий. Карты данного этапа тоже составляются в средних и крупных масштабах.

Для этого этапа предлагаются различные по полноте комплекты карт [2, 7], но в каждом из них выделяется два тематических блока: современное состояние и планируемое воздействие объекта на окружающую среду. Оценка современного состояния может быть отражена примерно 10–15 картами, в числе которых карты состояния отдельных компонентов природной среды, землепользования, инженерно-геологическая, современного воздействия на окружающую среду. Второй блок показывает планируемое размещение объекта, источников загрязнения, воздействие на разные компоненты окружающей среды.

На *стадии проектирования* выполняется экологическое обоснование строительства на выбранном участке с учетом последствий эксплуатации в нормальном и аварийном режимах. Материалы обоснования должны содержать оценку состояния экосистем, их устойчивости к воздействиям и способности к восстановлению, прогноз возможных изменений природной среды в зоне влияния сооружения при его строительстве и эксплуатации, рекомендации по организации природоохранных мероприятий, а также анализ и интерпретацию результатов первых циклов наблюдений, если они были начаты ранее.

Предлагаемый перечень карт для объектов газовой промышленности зависит от конкретного объекта, а именно от площади потенциального воздействия, горного отвода, специфики функционирования и т. д. Обязательными для всех случаев являются: ситуационный план, размещение источников физических воздействий, карты фонового состояния окружающей среды и существующей антропогенной нагрузки, карты размещения сети пунктов экологического мониторинга.

Для объектов, занимающих большую площадь или оказывающих значительное влияние на компоненты природной среды, составляют также ландшафтную, почвенную, геологическую, структурно-геологическую, гидрогеологическую карту, а также карты четвертичных отложений и распространения опасных геологических процессов (для объектов, оказывающих существенное воздействие на геологическую среду), карты растительности, землеустройства, современного экологического состояния, прогнозируемого экологического состояния. Карты составляются в крупных масштабах [2].

На *стадиях строительства и эксплуатации* выполняют экологический мониторинг, а также контроль состояния окружающей природной среды и соответствия режима хозяйствования природоохранному законодательству.

Типовой состав материалов, отражающий результаты исследований, включает карты экологического контроля, фактического материала и концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, гидросфере, почвенном покрове. Часто допол-



нительно составляют карту опасных природных процессов и явлений [8, 9].

Кроме того, в рамках этих работ выполняют контроль источников воздействия по параметрам сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, выбросов в атмосферу, формированию и складированию отходов. Эти данные могут служить источником для составления соответствующих карт.

Состав картографического обеспечения при выполнении работ по **ликвидации, консервации или реконструкции** должен соответствовать серии карт на этапе проектирования, что обусловлено нормативными документами [6, 7].

Значительная часть приведенных в обзоре карт носит инвентаризационный характер, т. е. на них показывают состояние природных и технических объектов. Составляемые карты по тематике четко делятся на четыре блока: природный, социально-экономический, нефтегазовый и экологический. Наполнение каждого из этих блоков картами зависит от стадии жизненного цикла.

Общий вывод по приведенному обзору практики эколого-географического картографирования объектов нефтегазовой отрасли заключается в следующем: к настоящему времени накоплен достаточно обширный опыт экологического картографирования в нефтегазовой отрасли, выделены основные задачи работ на разных стадиях жизненного цикла объектов, разработаны методики создания отдельных карт и серий карт; однако для данного направления в целом отсутствует общий базис, который бы объединял все эколого-картографические работы нефтегазовой отрасли в единую систему.

Это не позволяет в полной мере оценивать динамику изменений состояния среды, существующее и потенциальное воздействие на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла объектов, сопоставлять результаты исследований, полученные на разных этапах работ. Таким образом, существует необходимость в разработке методологической основы создания систем карт для передачи экологической информации на последующие этапы исследований. При разработке следует учитывать пространственные и временные особенности взаимодействия объектов нефтегазовой отрасли и окружающей среды.

### Проектирование системы картографического обеспечения

В качестве основы проектирования системы картографического обеспечения экологических исследований были выделены ведущие пространственные и временные факторы, определяющие специфику эколого-географического картографирования объектов нефтегазовой отрасли. К этим факторам отнесены: стадия жизненного цикла, этап экологических исследований, периодичность исследований, детальность исследований, тип объекта, фактические размеры объекта, задачи эколого-географического картографирования, иерархия системы управления. Эти факторы влияют на используемые масштабы, количество серий карт, количество карт в каждой серии, пространственный охват картографируемой территории.

Схема, построенная с учетом перечисленных факторов, приведена на рис. 1. Масштаб

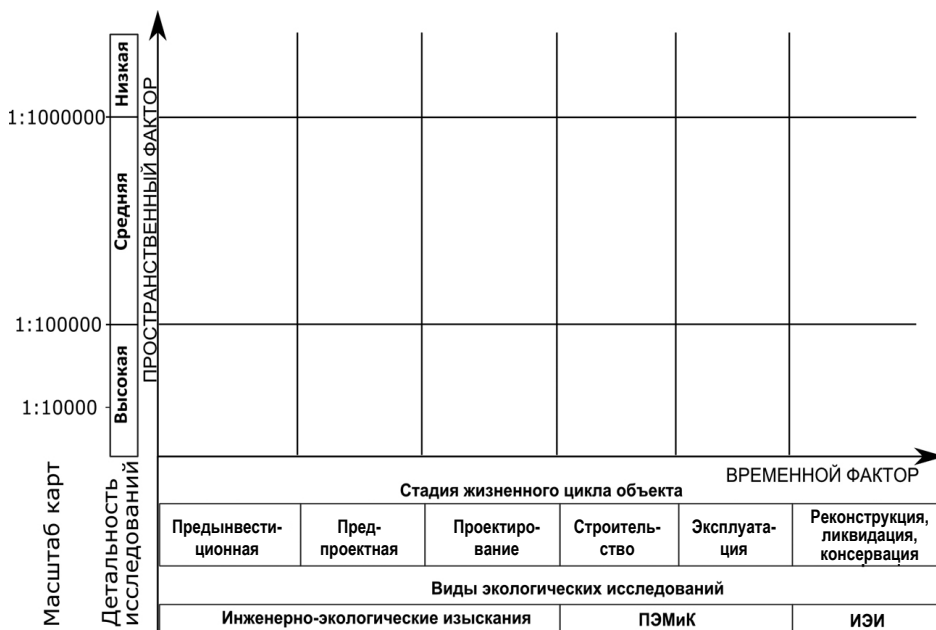


Рис. 1. Принципиальная схема-основа организации картографического обеспечения экологических исследований (ПЭМиК – производственный экологический мониторинг и контроль; ИЭИ – инженерно-экологические изыскания)



картографирования и детальность исследования возрастают по вертикальной оси. Выбрана стандартная классификация карт по масштабу, которой придерживаются и при проведении экологических исследований. В соответствии с масштабом дана качественная характеристика детальности исследований. Временной фактор выражен в последовательности этапов жизненного цикла проекта и видов экологических исследований.

Таким образом, объединен в систему весь массив карт, составляемых на разных этапах экологических исследований. Следующий этап разработки картографического обеспечения экологических исследований заключается в определении карт, содержащих ключевую информацию о результатах экологических исследований.

На каждом этапе картографирования можно тематически разделить все составляемые карты на четыре блока: природный, социально-экономический, нефтегазовый, экологический. В каждом блоке четко выделяется одна или две карты, обобщающие информацию по своему блоку и обеспечивающие связь между разными этапами

и уровнями экологических исследований. Для каждой из этих карт должны быть определены принципы мелко-, средне- и крупномасштабного картографирования, их создание должно обеспечиваться той информацией, которая собирается на соответствующем этапе экологических исследований.

Таким образом, для природного блока следует выделить карту природно-территориальных комплексов, для социально-экономического – карту использования земель, для нефтегазового – карту размещения основных и вспомогательных объектов, а для экологического – карты оценки существующего воздействия на окружающую среду и прогноза ее изменения. Приведенный перечень из пяти карт охватывает все направления тематического картографирования в экологических исследованиях и включает инвентаризационные, оценочную и прогнозную карты.

Схема, показывающая систему картографического обеспечения экологических исследований на примере участка магистрального газопровода, приведена на рис. 2. Прямоугольниками показаны

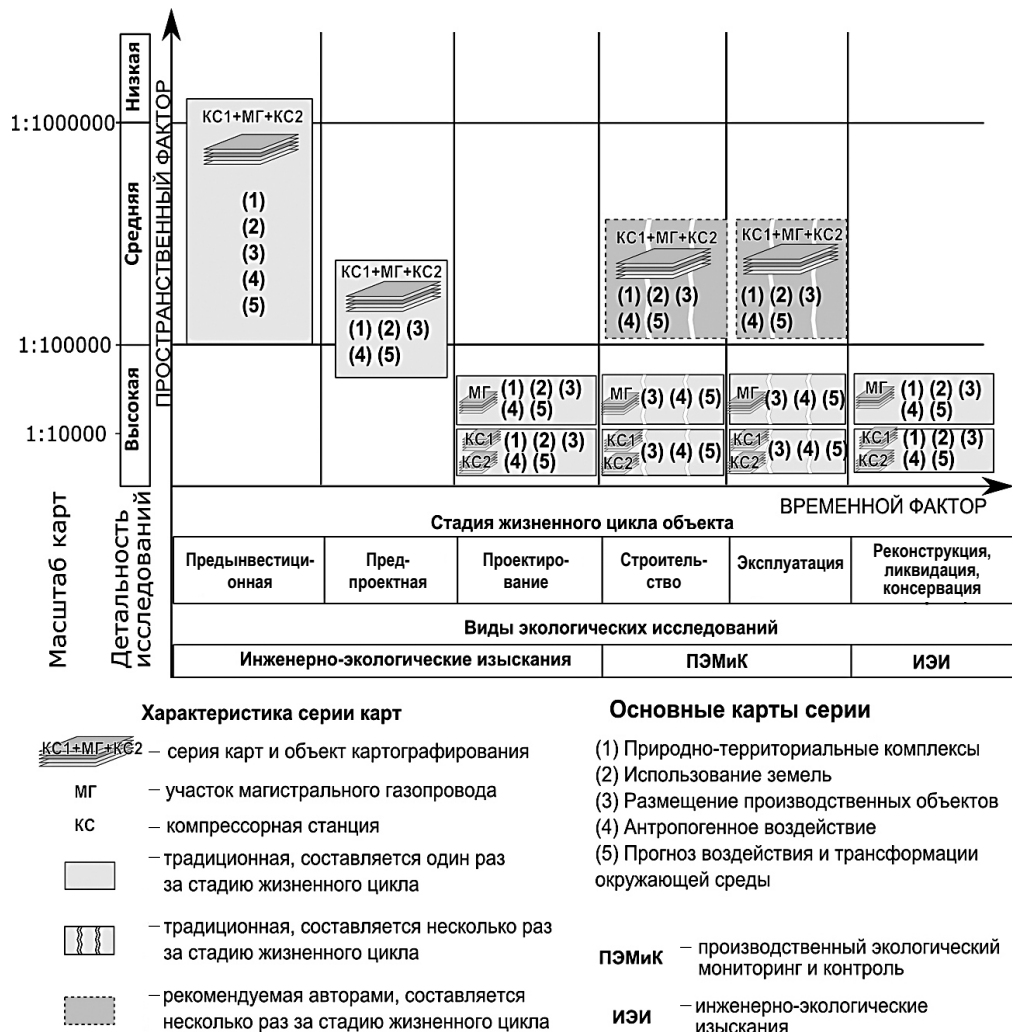


Рис. 2. Схема системы картографического обеспечения экологических исследований участка магистрального газопровода



серии карт каждого этапа. Высота и положение фигуры указывают на диапазон используемых масштабов. Цвет и внутреннее содержание характеризуют особенности серии карт этапа. Для каждой серии карт также указано, к какому объекту она относится и какие карты обеспечивают связь между этапами экологических исследований.

Приведенная схема (см. рис. 2) позволяет оценить необходимое количество карт, а также увидеть различия в выборе масштабов, детальности показа явлений. Выделены общие для всех этапов карты, содержащие наиболее важную информацию о природных, социально-экономических условиях, объектах нефтегазовой отрасли и взаимодействии нефтегазового комплекса с окружающей средой. Рассмотрен также пример построения системы карт для участка магистрального газопровода между двумя компрессорными станциями. С определенного этапа составление карт выполняется по каждому объекту отдельно, но единство подхода к составлению карт позволяет получить и обобщенную информацию.

### Заключение

В рамках исследования выполнены теоретические и экспериментальные работы, в результате которых обобщена практика эколого-географического картографирования в нефтегазовой отрасли, систематизировано картографическое обеспечение экологических исследований. Приведенный анализ позволил выявить сложности и недостатки в существующей системе экологического картографирования при сопровождении нефтегазовых проектов. Ключевыми проблемами являются: разнообразие картографических сюжетов и большой масштабный ряд карт. Это приводит к сложностям при сопоставлении карт разных этапов.

В качестве основы развития картографического обеспечения экологических исследований предложен подход, который состоит в рассмотрении картографического обеспечения как единой системы, в которой следует выделить ряд связующих карт, общих для всех этапов. Каждая из этих карт обобщает информацию по одному

из тематических блоков (природный, социально-экономический, нефтегазовый, экологический), их сравнительный анализ позволяет в числе прочего выявить особенности динамики взаимодействия нефтегазовых объектов и окружающей среды.

Основным приемом проектирования являлось графическое моделирование: построение схемы, позволившей сопоставить пространственные и временные факторы, влияющие на картографическое обеспечение, а также структурировать массив карт, объединить их в систему. Практическая ценность данной схемы заключается в том, что она позволяет эффективно планировать объем картографических работ, уточнять принципы составления и генерализации карт для разных стадий экологических исследований.

### Библиографический список

1. Экологическая безопасность строительства и эксплуатации подземных хранилищ газонефтепродуктов в отложениях каменной соли / О. Е. Аксютин, В. А. Казарян, А. Г. Ишков [и др.]. М. ; Ижевск, 2010. 420 с.
2. Экология газового комплекса / Э. Б. Бухгалтер, Р. О. Самсонов, Б. О. Будников [и др.]. М., 2007. 383 с.
3. Хаустов А. П., Редина М. М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М., 2006. 552 с.
4. Об охране окружающей среды (с изменениями на 29 декабря 2015 года) : Федер. закон : принят Гос. Думой 10 янв. 2002 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. М., 2013. 110 с.
6. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Официальное издание. М., 1997. 41 с.
7. Стурман В. И. Экологическое картографирование : учеб. пособие. М., 2003. 251 с.
8. Каргашин П. Е. Картографирование результатов экспедиционных работ по экологическому контролю (на примере магистральных газопроводов) // Геодезия и картография. 2010. № 10. С. 33–37.
9. Каргашин П. Е. Обработка данных экологических исследований при строительстве объектов нефтегазовой отрасли // Геодезия и картография. 2012. № 3. С. 37–43.

### Образец для цитирования:

Каргашин П. Е., Каргашина М. А. Система карт для обеспечения экологических исследований производственных объектов нефтегазовой отрасли // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 205–209. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-205-209.



УДК 551.509.33

## К ВОПРОСУ ОПРАВДЫВАЕМОСТИ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ПОГОДЫ

С. Н. Лапина, С. В. Морозова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: swetwl@yandex.ru

В данной статье обсуждаются вопросы оправдываемости долгосрочных прогнозов погоды. На примере прогнозов периодов выпадения осадков показана возможность использования приемов оценки краткосрочных прогнозов к оценке оправдываемости долгосрочных прогнозов.

**Ключевые слова:** долгосрочный прогноз, методики оправдываемости прогнозов.

### As for the Verification Long-term Weather Forecasts

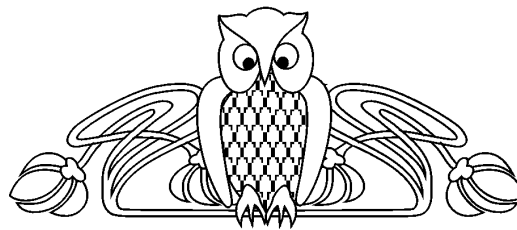
S. N. Lapina, S. V. Morozova

This article discusses the probability of long-term weather forecasts. For example, the long-term forecast of rainfalls the possibility of using assessment techniques to forecast short-term to the assessment of the probability of long-term forecasts.

**Key words:** long-term forecast, methods of predictability forecasts.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-210-212

Основным показателем успешности метеорологических прогнозов является оценка их оправдываемости, т. е. степень соответствия прогностических и фактически наблюдающихся значений метеорологических величин и явлений по данным метеостанций. В практике краткосрочного прогнозирования в зависимости от поставленной задачи используют административную и научную оценку. Административная оценка предусматривает расчет одного, двух и более показателей успешности с целью осуществления мониторинга общего прогнозирования [1, 2]. Научная оценка предполагает расчет ряда показателей успешности с целью определения сильных и слабых сторон методов и технологий прогнозирования. Оправдываемость единичного



суточного прогноза (административная оценка) рассчитывается по всему комплексу погоды и выражается в процентах [3]. Оценка оправдываемости метода прогнозирования отдельных явлений проводится по ряду прогнозов (за месяц, сезон, год и т. д.). Научная оценка показывает качество применяемого метода.

В практике краткосрочного прогнозирования для определения качества предлагаемых методов и осуществления общего мониторинга принято рассчитывать различные показатели: общую оправдываемость, меры успешности, критерии качества, надежности, точности и т. п. [2]. Для получения практически всех названных показателей составляются матрицы сопряженности, которые очень просты и удобны для последующих расчетов. Заметим, что указанные матрицы используются только для оценки альтернативных методических прогнозов. Общий вид матрицы сопряженности представлен в табл. 1. Матрица сопряженности содержит два прогностических условия: явление ожидается ( $\Pi$ ) или не ожидается ( $\bar{\Pi}$ ), и два исхода: явление было ( $\Phi$ ) или явления не было ( $\bar{\Phi}$ ). При этом в табл. 1 указывается число случаев прогнозов, обозначаемое  $n_{ij}$ , соответствующее сочетанию  $\Phi_i \sim \Pi_j$ , где  $\Phi_i$  – фактическая погода,  $\Pi_j$  – прогностическая.

Соответствующие сочетания характеризуют следующее:

$n_{11}$  – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или состояние погоды) прогнозировалось и фактически наблюдалось;

$n_{12}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или состояние погоды) не прогнозировалось, но фактически наблюдалось;

Таблица 1

Общий вид матрицы сопряженности

Фактически наблюдаемое, $\Phi_i$	Явление		$\sum_{j=1}^{m=2} n_j$
	Прогнозируемое, $\Pi_j$		
	$\Pi$ – наличие явления	$\bar{\Pi}$ – отсутствие явления	
$\Phi$ – явление наблюдалось	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{10}$
$\bar{\Phi}$ – явление не наблюдалось	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{20}$
$\sum_{i=1}^{n=2} n_i$	$n_{01}$	$n_{02}$	$N$



$n_{21}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов наличия явления: явление (или состояние погоды) прогнозировалось, но фактически не наблюдалось;

$n_{22}$  – число случаев оправдавшихся прогнозов отсутствия явления: явление (или состояние погоды) не прогнозировалось и фактически не наблюдалось.

$n_{10}$  – число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически наблюдалось;

$n_{20}$  – число случаев отсутствия явления (или состояния погоды) – столько раз явление фактически не наблюдалось;

$n_{01}$  – число случаев прогнозов наличия явления (или состояния погоды);

$n_{02}$  – число случаев прогнозов отсутствия явления (или состояния погоды);

$N$  – общее число прогнозов.

В оперативной практике краткосрочных прогнозов наиболее часто употребляются следующие критерии:

$$P = \frac{n_{11} + n_{22}}{N} - \text{общая оправдываемость ме-}$$

тодических прогнозов, численно равная отношению числа оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов;

$$P_c = \frac{n_{01}n_{10} + n_{02}n_{20}}{N^2} - \text{оправдываемость слу-}$$

чайных прогнозов. Сравнение методических прогнозов со случайными позволяет установить, насколько методический прогноз, составляемый в оперативной практике, отличается от случайного текста прогноза, а также выявить качество применяемого метода.

$$H = \frac{P - P_c}{1 - P_c} - \text{критерий надежности по}$$

Н. Л. Багрову, характеризующий относительное приращение общей оправдываемости оцениваемых прогнозов (по сравнению со случайными) к максимально возможному;

$$Q = 1 - \left( \frac{n_{12}}{n_{10}} + \frac{n_{21}}{n_{20}} \right) - \text{критерий точности}$$

по А. М. Обухову, выражающий долю точных, успешных прогнозов при известной повторяемости фаз погоды.

Составленные за определенный период методические прогнозы распределяются в матрице сопряженности, на основании которой и проводится расчет критериев.

В оперативной практике долгосрочного прогнозирования (к категории таких прогнозов относят прогнозы, составляемые на месяц и более долгие сроки [4]), обычно прогнозируются аномалии средней месячной температуры воздуха и аномалии месячных сумм осадков. Обычно для оценки оправдываемости таких прогнозов применяются показатель аналогичности (оценка качества прогноза по знаку) и показатель точ-

ности значения аномалии [4]. Однако прогнозы аномалий далеко не всегда удовлетворяют практическим запросам. Наиболее востребованными потребителем являются прогнозы экстремумов метеорологических величин, имеющих наибольшую прогностическую ценность по сравнению с прогнозами средних месячных и средних сезонных аномалий. Методов, позволяющих прогнозировать экстремумы метеорологических величин с заблаговременностью месяц и более, не так много.

Одним из них является метод «плавающего аналога», предложенный в 80-х годах прошлого века [5–7]. На основе этого метода для Нижнего Поволжья [8–10] разработана физико-статистическая схема долгосрочного прогнозирования осадков и других элементов погоды, по которой в оперативном режиме для месяцев теплого полугодия составляются детализированные прогнозы хода элементов погоды в течение месяца, а именно указываются даты резких перепадов средней суточной температуры воздуха, даты периодов выпадения осадков.

Однако при расчете оправдываемости такого вида прогностической продукции возникают определенные трудности. В частности, оказывается возможным рассчитать только общий процент оправдываемости ( $P$ ) как отношение оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов, что не позволяет оценить эффективность метода, качество и успешность таких прогнозов. При этом, в частности, для периодов выпадения осадков случай считался оправдавшимся, если даты ожидаемых и фактически выпавших осадков совпали или расхождение между ними не превышало двух дней. Определенная таким образом оправдываемость на материале 2005–2013 гг. составила 67,5%, что считается довольно успешным в практике долгосрочного прогнозирования [4].

Но как уже указывалось, при такой оценке нет возможности сравнить качество методических прогнозов со случайными и рассчитать критерии надежности и точности. При расчете этих показателей необходим учет и неоправдавшихся прогнозов, которые при данном способе оценки не рассматриваются. Такой учет возможен только при составлении матрицы сопряженности, аналогичной той, которая широко используется при оценке краткосрочных прогнозов.

Возможность использования матрицы сопряженности для оценки успешности долгосрочных прогнозов проверена на прогнозе осадков для месяцев теплого периода 2009 г., составленных для Саратова. Оценка проводилась по факту наличия или отсутствия осадков без учета их количества по данным наблюдений метеостанции Саратов Юго-Восток. К случаям наличия осадков относились даже их следы. Общий объем выборки 214 случаев. Весь массив полученных данных представлен в матрице сопряженности (табл. 2).



Таблица 2

Матрица сопряженности оправдываемости долгосрочных прогнозов осадков (апрель – октябрь 2009 г., м/с Саратов ЮВ)

$\Phi_i$	$\Pi_j$		$\Sigma$
	$\Pi$	$\bar{\Pi}$	
$\Phi$	35	40	75
$\bar{\Phi}$	28	111	139
$\Sigma$	63	151	214

По данным табл. 2 произведен расчет показателей  $P, P_c, H, Q$ . В результате общая оправдываемость методического прогноза за рассматриваемый период составила 68%. Оправдываемость случайного прогноза ( $P_c$ ) за этот же период составила 56%, что оказалось на 12% ниже методического и, безусловно, наглядно демонстрирует качество метода. Приращение общей оправдываемости методического прогноза по сравнению со случайным составляет 0,3 ( $H$ ) к максимально возможному. Доля точных прогнозов с учетом известных фаз явления ( $Q$ ) тоже составила 0,3.

Обращает внимание совпадение значений общей оправдываемости прогнозов 67,5% и 68% при использовании различных независимых способов оценки. Это позволяет считать приемлемым применение оценки оправдываемости, принятой в краткосрочном прогнозировании, к оценке отдельных видов долгосрочных прогнозов. Расчет критериев точности и надежности, а также сравнение методического прогноза со случайным подтверждает качество используемого метода долгосрочного прогнозирования периодов выпадения осадков в Саратове.

Таким образом, оценка успешности прогнозов при краткосрочном прогнозировании с использованием матрицы сопряженности, может быть применена и для оценки оправдываемости альтернативных долгосрочных прогнозов.

#### Библиографический список

1. Хандожко Л. А. Экономическая метеорология. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. 490 с.

2. Хандожко Л. А. Оценка экономического эффекта прогнозов погоды. Л.: Изд-во ЛПИ, 1987. С. 50.

3. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Руководящий документ РД 52.27.724-2009. Онинск: ИГ-СОЦИОН, 2009. С. 50.

4. Багров Н. А., Кондратович К. В., Педь Д. А., Урюмов А. И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Л., 1985. 248 с.

5. Мартазинова В. Ф., Младина Л. В. Способ детализированного прогноза погоды на месяц по методу «плавающий аналог» // Тр. / УкрНИИГМИ. 1986. Вып. 219. С. 37–42.

6. Мартазинова В. Ф., Иванова Е. К. Метод прогноза температуры и влажности воздуха для естественных синоптических периодов на территории Украины // Тр. / УкрНИИГМИ. 1991. Вып. 239. С. 63–68.

7. Martazinova V. F. Extended range forecasting in Ukraine // 2<sup>eme</sup> Conference Europeenne sur les Application de la Meteorologie. Toulouse, 1995. P. 116–117.

8. Морозова С. В. Физико-статистический метод прогноза экстремумов метеорологических величин // Учен. зап. Рос. гос. гидрометеорологического ун-та. 2010. № 14. С. 50–59.

9. Морозова С. В., Полянская Е. А., Пужлякова Г. А., Фетисова Л. М. Региональная модель долгосрочного прогноза резких изменений температуры воздуха с месячной заблаговременностью // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2004. Т. 4, вып. 1–2. С. 195–198.

10. Полянская Е. А., Морозова С. В., Пужлякова Г. А., Фетисова Н. А. Физико-статистический метод прогноза резких колебаний температуры воздуха в течение месяца. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2002. 24 с.

#### Образец для цитирования:

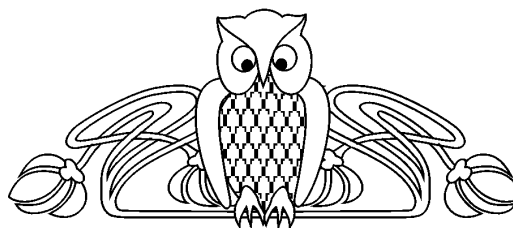
Лапина С. Н., Морозова С. В. К вопросу оправдываемости долгосрочных прогнозов погоды // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 210–212. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-210-212.

УДК 551.577 (470.44)

## МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕТА 2015 ГОДА В САРАТОВЕ

С. Н. Лапина

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: kafmeteo@sgu.ru



На примере Саратова дана характеристика условий погоды и циркуляционных процессов летом 2015 г. Оценена их роль в образовании осадков.





**Ключевые слова:** осадки, давление, климатическая норма, синоптические процессы, карты погоды.

### Meteorological Features During Summer 2015 in Saratov

S. N. Lapina

The characteristics weather conditions and circulation processes during summer 2015 in Saratov are discussed. Their role in the formation of precipitation is estimated.

**Key words:** precipitation, atmospheric pressure, climatic norm, synoptic processes, weather maps.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-212-216

Метеорологические особенности текущего лета проявились, прежде всего, в крайне резких колебаниях погодных условий не только в Поволжье, но и практически на всей европейской территории России (ЕТР), особенно в июне месяце.

Максимальная температура 43–45°C на юго-востоке (левобережье Саратовской области, Волгоградская, Астраханская области), сильные ливни с суточным количеством осадков, превы-

шающих местами месячную норму (Воронеж, Брянск, Москва, Краснодарский край) и в то же время значительный недобор осадков на северо-западе ЕТР, шквалистое усиление ветра до 20–25 м/с (Саратовская, Пензенская области), сильные грозы и град отмечались повсеместно.

Аграрии оценивают летний сезон 2015 г. в Саратовской области как засушливый, но собранный урожай зерновых культур (около 2 млн т) говорит о том, что периоды жаркой и засушливой погоды были не столь продолжительными, интенсивными и различными в право и левобережье области. Общее количество осадков за летний сезон 2015 г. в Саратове составило 75% от нормы, что меньше, чем в очень урожайных и дождливых сезонах 2013 г. и 2014 г. (табл. 1), но намного больше, чем в самые «безнадежные» в сельскохозяйственном отношении 1972 г. и 2010 г. [1].

В июле и особенно в августе 2015 г. осадков выпало намного меньше нормы, но и они пришлось уже на уборку урожая. Июньские же осадки (124% нормы), можно сказать, спасли урожай – только за 2 дня (28 и 29 июня) выпало 36,5 мм.

Таблица 1

Количество осадков в летние сезоны разных лет в Саратове, % от нормы

Год	Месяц			Сезон VI–VIII
	июнь	июль	август	
1972	31	12	0	14
2010	42	39	2	28
2013	244	55	32	110
2014	185	24	82	97
2015	124	76	27	75

Основные характеристики погоды в летние месяцы 2015 г. представлены в табл. 2. Как видно, наиболее жарким месяцем был июнь, среднеме-

сячная температура которого превышала климатическую норму на 4,2°C. В июле и августе месячная температура была около нормы.

Таблица 2

Основные характеристики погоды лета 2015 года

Месяц	Средне- сячная тем- пература, °С	Максималь- ная темпе- ратура, °С	Средне- сячное дав- ление, гПа	Максималь- ное давле- ние, гПа	Минималь- ное давле- ние, гПа	Число дней с осадками	Число дней с суточным коли- чеством > 5 мм	Месячное количество осадков, мм
Июнь	23,6	37,4	1011,8	1025	1001,0	10	3	56
Июль	21,8	36,0	1010,1	1022	996,5	11	3	39
Август	20,8	33,7	1016,7	1025	1007,1	7	1	12

Жара в июне установилась с 15 числа и продолжалась до конца месяца. В этот период среднесуточная температура сохранялась выше 25°C, а максимум температуры 20 числа достиг 37,4°C.

Любопытно, что в июле было всего 7 жарких дней с соответствующей температурой (>25°C), причем 3 дня в первой и 4 дня в последней декадах. Август оказался самым прохладным (на 1°C ниже нормы), соответственно и число жарких дней сократилось до 2. Выпадение осадков во все месяцы было очень неравномерным.

Среди характеристик осадков, кроме общего количества, важное практическое значение имеют также суточное количество, число дней с осадками, их интенсивность и продолжительность и др.

Так, число дней с суточным количеством осадков > 5 мм в июне и июле 2015 г. было одинаковым – по 3 дня. Количество же осадков за эти дни в июне составило 46,5 мм, в июле – 36 мм.

При общей схожести некоторых средних погодных характеристик (см. табл. 2) они были очень различны внутри каждого месяца. Эти различия



определялись теми циркуляционными процессами, которые их формировали.

Особенности синоптических условий хорошо

отражает динамика атмосферного давления по декадам внутри каждого месяца рассматриваемого сезона (табл. 3).

Таблица 3

Изменение атмосферного давления по декадам, гПа

Характеристика давления	Месяц								
	июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Среднедекадное	1016	1011	1008	1012	1007	1011	1018	1015	1017
Минимальное	1010	1004	1001	1003	996	1002	1008	1006	1007
Максимальное	1025	1019	1014	1022	1013	1016	1025	1024	1024

Обращает на себя внимание пониженный фон атмосферного давления (особенно его минимальные значения) в третьей декаде июня и во второй июля. Именно на эти периоды пришлось 80% всех осадков, выпавших за сезон.

Осадки 23, 28 и 29 июня и 11, 12 и 19 июля при их суточном количестве, превышающем

климатическую характеристику [2], были связаны с активной циклонической деятельностью на восточноевропейской ветви полярного фронта с образованием частных циклонов на территории области.

Карты погоды, характерные для указанного процесса, представлены на рис. 1.

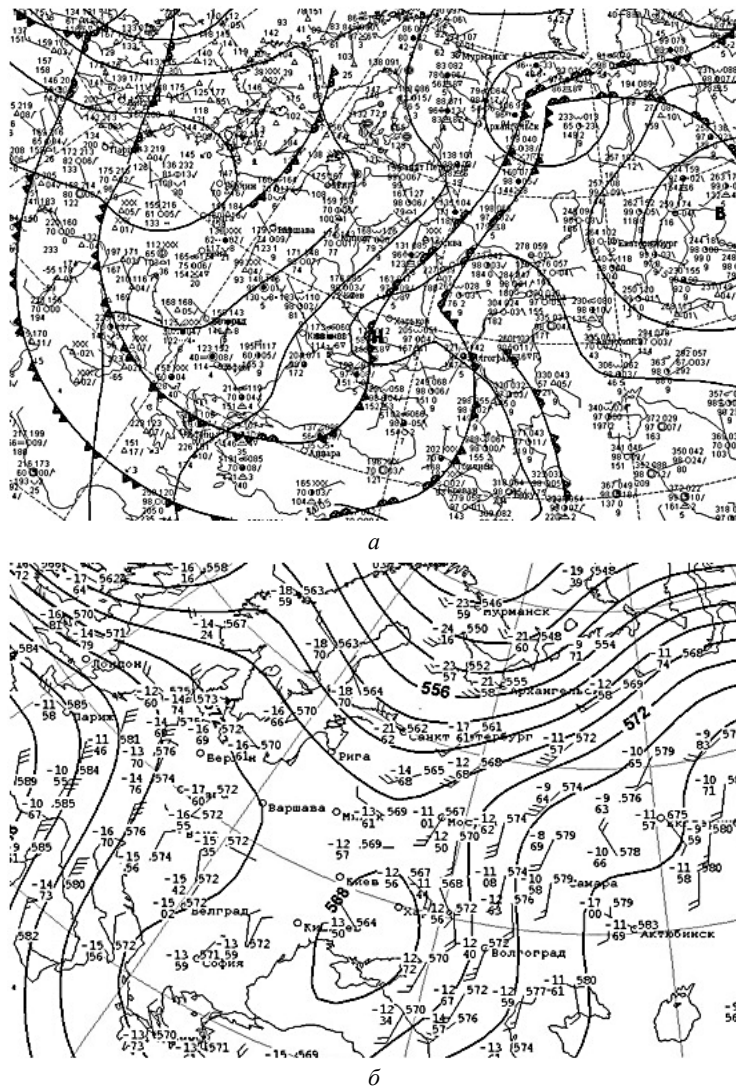


Рис. 1. Карты погоды за 28 июня 2015 г.: а – приземное давление; б – высота поверхности  $H=500$  гПа



Нижнее Поволжье находится в зоне влияния холодного полярного фронта с волнами, а приближение и вовлечение в циркуляцию арктического фронта способствовали увеличению контрастов температуры и влажности. В связи с ростом циклоничности атмосферное давление 28 июня упало в Саратове до 1001 гПа. Вследствие развития активных конвективных процессов с 28–30 июня по области наблюдались ливневые дожди, грозы, град, шквалистое усиление ветра.

Глубокая высотная ложбина на большей части европейской территории России с осью по линии Мурманск – Санкт-Петербург – Москва – Крым отражает характер приземного поля. Саратовская область и все Нижнее Поволжье находятся на восточной периферии этой ложбины. Подобная топография высотного поля наблюдалась при всех процессах с положительной аномалией осадков [3, 4].

Повышенный фон атмосферного давления наблюдался в первых декадах июня и июля и практически в течении всего августа (см. табл. 3).

В эти периоды по области в отдельные дни отмечались местами слабые кратковременные ливневые осадки, формирование которых проходило в малоградиентных антициклональных полях. Причем в августе преобладали возвышение ядер арктического происхождения с давлением до 1025 гПа, в которых циркулировал сухой, достаточно холодный воздух. Об этом свидетельствуют пониженный фон температуры, преобладание северных и северо-западных ветров и значительный дефицит осадков.

Карты погоды за 25 августа, отражающие преобладающий процесс этого месяца, приведены на рис. 2.

По восточной периферии хорошо выраженного высотного гребня на АТ 500 гПа с северными потоками на восточные районы ЕРТ, включая Нижнее Поволжье, поступал арктический воздух.

Как видно, приземное и высотное барические поля имеют совершенно другую топографию, отличную от наблюдаемой на рис. 1 в дни со значительными осадками.

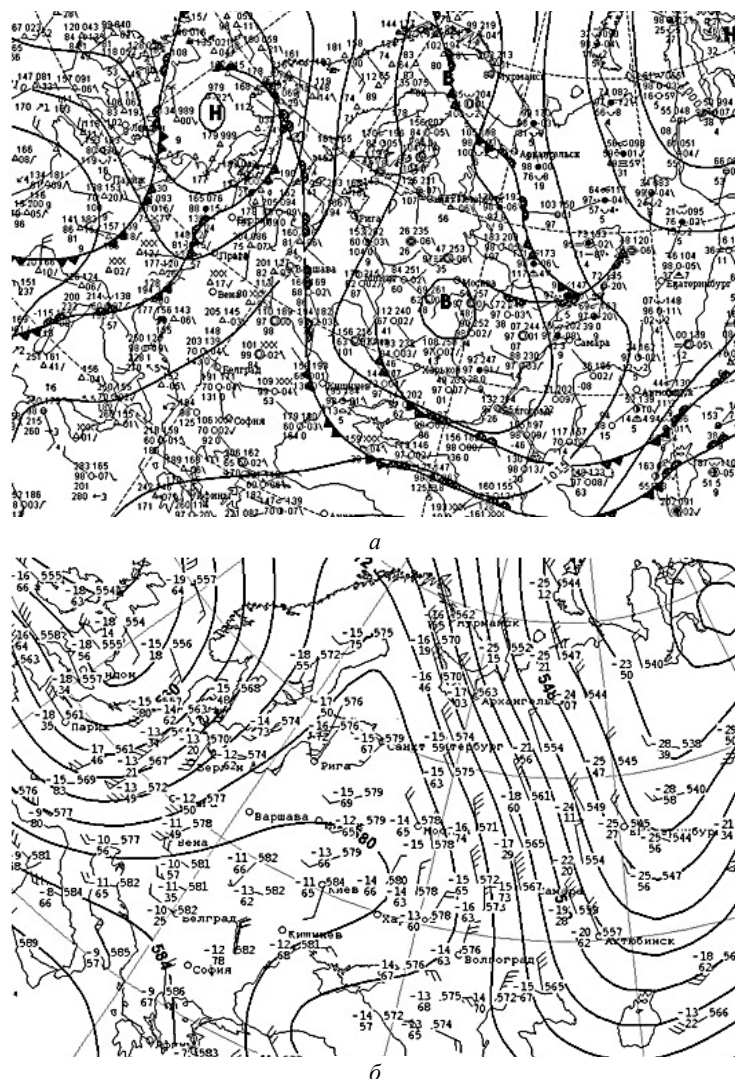


Рис. 2. Карты погоды за 25 августа 2015 г.: а – приземное давление; б – высота поверхности  $H=500$  гПа



## Библиографический список

1. Лапина С. Н. Особенности метеорологических условий весенне-летнего сезона 1972 года в Нижнем Поволжье // Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья. Вып. 3(10). Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1974. С. 159–165.

2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Л. : Гидрометеониздат, 1988. 188 с.

3. Архангельский В. Л. Региональная синоптика Нижнего Поволжья. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1968. 202 с.

4. Лапина С. Н. Характеристика аномальных осадков и их генезис в июне 2013 г. и 2014 г. в Саратове // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2015. Т. 15, вып. 2. С. 9–15.

## Образец для цитирования:

Лапина С. Н. Метеорологические особенности лета 2015 года в Саратове // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 212–216. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-212-216.

УДК 911.6, 911.8

## ПОДХОДЫ К ВЫЯВЛЕНИЮ ЦЕНТРА И ПЕРИФЕРИИ

Ю. В. Преображенский

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: topofag@yandex.ru

Предлагается типология подходов к пониманию и разработке модели «центр–периферия». В целом такие подходы могут быть разделены на две группы: структурные и функциональные и подходы на основе отношений между частями центр-периферийной системы.

**Ключевые слова:** Центр, Полупериферия, Провинция, Периферия, центр-периферийная модель, консерватизм, диффузия инноваций, ядерно-периферийная система.

### The Approaches of a Center and Periphery Determination

Yu. V. Preobrazhenskiy

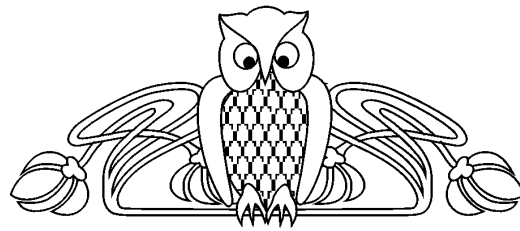
The article offers the typology of approaches to understanding and developing the «center-periphery» model. In general, these approaches can be divided into two groups: structural and functional approaches and the approaches based on relations between parts of the periphery of the system.

**Key words:** Center, Halfperiphery, Province, Periphery, center-periphery model, conservatism, diffusion of innovations, nuclear-peripheral system.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-216-221

**Введение.** Одна из основных задач географии состоит в поиске универсальных закономерностей пространственной организации общества. Результатом такого поиска становится выработка определенных моделей, описывающих взаимодействие внутри территориальных общественных систем (ТОС) и между ними. Принципиальный вопрос состоит в степени проработанности модели. Чем модель проще, тем она нагляднее, но при этом больше нюансов нужно учитывать при её практическом применении.

Модель «центр-периферия» представляется достаточно простой, что, видимо, и определило



её распространение не только в географии, но и в кругу гуманитарных наук (социология, филология). При этом содержание центр-периферийной модели и сфера её применения трактуются в большинстве случаев несколько упрощённо. Рассмотрению подходов к выявлению Центра и Периферии в территориальных общественных системах посвящена данная статья.

**Степень разработанности проблемы.** В отечественной экономико-географической литературе первой значительной работой по теме Центра и Периферии стала (и, по-видимому, остаётся до сих пор) книга О. В. Грицай с соавторами «Центр и периферия в региональном развитии» [1]. Благодаря ей советская хозяйственная система предстала не как отдельный остров, а как часть мирового экономического архипелага, со своими сгустками (центрами) экономической деятельности. Иначе говоря, несмотря на десятилетия хозяйствования в разных системах, процессы концентрации производства и вымывание ресурсов из Периферии в Центр типичны для обоих, универсальны.

Само понятие центр-периферийной модели связывается с работами экономиста Дж. Фридмана (Friedmann) [2], в дальнейшем к ней прибегали как экономисты, так и географы, фокусируя внимание на разных возможностях её использования.

**Основная часть.** В целом рассмотрение внутренних различий в центр-периферийных системах (ЦПС) и выделение соответствующих зон (здесь данный термин допустим, поскольку речь идёт как раз о пространственном анализе какого-то одного показателя) основываются либо на особенностях внутрисистемных различий (тип I), либо на отношениях между «центральными» и «периферийными» регионами (тип II) (таблица).



Можно сказать, что подходы первого типа направлены на изучение метрических свойств пространства (близость, однородность, удалённость), а подходы второго типа – на топологических и системных свойствах (целостность, связность и пр.) (подробнее см. [3]).

Достаточно широкий спектр признаков и

отношений может быть увязан в относительно небольшое число подходов, или в каких-то случаях правильнее будет говорить о направлениях исследования в виду комплексности изучения и применяемой методологии.

В общем виде ЦПС изучаются на основании следующих подходов (см. таблицу).

#### Подходы к выявлению «центральных» и «периферийных» регионов

Тип	Название подхода	Анализируемые показатели (отношения)	Особенности выделения зон в ЦПС
I	Концентрационный	Удельные количественные показатели (плотность населения, душевые доходы, потребление энергии, плотность инфраструктурных объектов и др.)	Выделение зон задается определенными (как правило, предлагаемыми авторами) пороговыми значениями
	Диверситициальный	Показатели качества жизни (спектр услуг, насыщенность культурными явлениями/событиями, многообразие видов деятельности)	Оценивается развитие человеческого капитала и факторы, обуславливающие его миграцию
	Хозяйственно-секторальный	Способы создания добавленной стоимости, структура занятости, производительность труда	Первичный сектор экономики (добыча минерального сырья, лесное, рыбное хозяйство) ассоциируется с Периферией, вторичный (обрабатывающая промышленность) с полупериферией, а в Центре сосредоточена сфера услуг и управление (третичный и четвертичный сектора)
	Мультипликативно-отраслевой	Степень мультипликативного эффекта в различных отраслях, отдача от инвестиций	Основываются на концепции полюсов роста Ф. Перру, выделившего деградирующие отрасли; динамичные, но «замкнутые» отрасли; динамичные отрасли, оказывающие мультипликативный эффект на смежные отрасли
II	Цивилизационно-границный	Дихотомия «цивилизация – варвары»	Кочевники (представители Периферии) рассматриваются как агенты переноса культурных новаций между оседлыми цивилизациями (центрами)
		Степень интеграции в глобальный мир	Столицы и крупные города рассматриваются флангиры по отношению к мировым изменениям
	Консервативно-конфликтный	Степень социально-культурной трансформации, отношение жителей к последней	Периферия, являясь носителем консервативных ценностей, сопротивляется инициированной Центром трансформации
	Историко-колониационный	Пространственно-временная динамика процесса колонизации (утрата признаков периферийности по мере включения колонии в системные экономические и культурные связи)	Историческое ядро рассматривается как базовая территория, Центр, колонизируемые земли – как Периферия
	Рыночно-зональный	Отношения между зоной производства и рынками сбыта	Рассматриваются центры производства и Периферия потребления
	Политико-нормативный	Различия в реализации норм и правил, устанавливаемых Центром	Исследуется поляризация политического пространства
	Генерирующий	Условия, позволяющие Центру создавать технологии, культурные инновации	Исследуются факторы, определяющие создание процессных и продуктовых инноваций, в том числе культурных (производство кинопродукции, театральные премьеры и пр.)
	Трансляционный	Характер и интенсивность связей между зонами ЦПС	Исследуются направления потоков вещества, энергии и информации

Рассмотрим приведённые подходы подробно. *Концентрационный подход.* Различная степень насыщенности сопоставляемых территорий объектами и явлениями позволяет выделить

их скопления, сгустки. В случае значительной концентрации отдельных показателей говорят о Центре и о периферийной зоне (в которой наблюдаемые показатели редки или малы). Большим



преимуществом данного подхода является наличие статистического материала по показателям, преимущественно удельным (т. е. в расчёте на одного человека). Наблюдаемые скопления достаточно легко отобразить на карте. С. Я. Ныммик пишет, что «картографирование меры концентрации... убедительно показывает уменьшение напряженности концентрации, начиная с центра, в направлении границ экономического района» (цит. по: [4, с. 5]).

Однако при этом подходе, как правило, за границы предполагаемой системы принимаются административные границы (рассматривается неоднородность не района, а преимущественно какого-либо субъекта РФ в разрезе муниципальных образований), а также не ставится вопрос о взаимообусловленности ядер концентрации и разреженной зоны между ними, т. е. о внутрисистемных отношениях и самом существовании системы.

В этом случае более уместно говорить о градиенте какого-то показателя вдоль линии Центр-Периферия. Н. И. Быков отмечает, что её ориентация «может указывать на главный фактор в пространственной организации регионов» [5, с. 67]. В качестве примера приводятся Томская область и Алтайский край, в которых размещение населения ориентируется по «вектору увлажнения».

*Диверситициальный подход*, связанный с выделением центральных и преимущественно провинциальных регионов на основе спектра предоставляемых возможностей, привлекает чаще всего социологов; здесь хорошо проявляют себя методы опроса и анкетирования среди населения. Допустимо и использование экспертных рейтингов по качеству образования, здравоохранения, экологической ситуации и пр. При этом подходе в выявлении обеспеченности территорий услугами часто упоминается модель центральных мест В. Кристаллера (Kristaller) [6]. Однако ясно, что центральные места ячеек гексагональной решётки не являются Центром в том смысле, в каком они понимаются в центр-периферийной модели, так как для пространства решётки характерно лишь альтернативное состояние какой-либо услуги (есть или нет). В отдельных случаях, как отмечает Б. Б. Родоман, гексагональная сетка районов, по-видимому, перестраивается в секторно-кольцевую, если один из центров усиливается настолько, что подчиняет себе остальные [7, с. 143].

В рамках *хозяйственно-секторального подхода* рассматривается трёхзвенная структура хозяйства той или иной ЦПС. Анализ структуры экономики района здесь будет иметь пространственное «отражение». Очевидно, что в зоне периферии будут преобладать добывающие отрасли, а Провинция и Центр – сочетать отрасли обрабатывающего сектора и сферы услуг. В соответствии с этим будут различаться структура занятости, производительность труда, уровень рентабельности производств. Впрочем, хозяйственно-секторальный подход, как правило, применяется не в статике, а в динамике,

т.е. проводится анализ изменений соотношения трёх секторов под влиянием таких факторов, как распространение инноваций, разработка новых месторождений и пр. и соответствующих сдвигов в пространственной структуре района.

*Мультипликативно-отраслевой подход* связан с исследованием так называемого мультипликативного эффекта, который характеризуется созданием дополнительных рабочих мест в производственных услугах и нематериальном обслуживании при создании новых рабочих мест в промышленности. Во многом он связан с теорией полюсов роста Ф. Перру (Perroux) [8] и применяется в региональном планировании как инструмент оживления депрессивных районов.

Другая группа подходов выявления Центра и Периферии основывается на характере отношений между частями ЦПС.

Первичный антогонизм по линиям «я – другие», «мы – они» в последующем трансформировался в более сложную систему отношений. И. Ф. Туан (Tuau) приводит примеры карт, отображающих подобные этно- и этноцентричные отношения [9, с. 48–49]. С возникновением взаимообусловленности между составляющими пространственных систем, возникающих на основе торговых (переход от натурального хозяйства к товарному), военных и культурных отношений, одни их части занимают центральное, а другие периферийное положение.

*Цивилизационно-границный подход* в отношении изучения динамики ЦПС во многом связан с миросистемным подходом И. Валлерстайна (а до него Ф. Броделя) [10]. Суть его состоит в том, что в каждой такой миросистеме устанавливаются замкнутые на одно ядро экономические потоки. Впрочем, исследователи-историки обращают внимание, по-видимому, преимущественно на культурно-языковые связи между частями подобных систем. Например, в устройстве Римской империи прослеживается трёхзвенная конструкция. «Ядро» – это Рим и Италия, а также романизированные провинции и римские колонии. «Полупериферия» – основная масса римских провинций, подверженных романизации и удаленных от границ империи. «Периферия» – недавно присоединённые или слабороманизированные провинции империи, а также зависимые от Рима пограничные государства [11, с. 106].

Различия между племенем, этносом, а впоследствии цивилизацией и остальным миром проявились, очевидно, раньше прочих. При этом вплоть до предположительно XX века периферийность во многом определялась отсутствием информации о ней (вплоть до *terra incognita*), а о степени «центральности» можно было судить по преувеличенным рассказам и слухам, создающим аттрактивный образ (об аттрактивности регионов см. [12]). Там, где обитали цивилизованные народы, был Центр, а прочая территория была занята варварами и дикарями, если была вообще обитае-



ма. Между тем варвары, прежде всего кочевники, представляющие своего рода подвижную периферию, служили «переносчиками» информации, новаций и, вероятно, в отдельных случаях эпидемий между «цивилизованными» и оседлыми народами. Т. Д. Холл пишет на основании исследования монголов о том, что «оспариваемые территории («периферия») становятся связующими элементами для обмена между мир-системами» [13, с. 22].

Интересно, что в период колониальных владений «периферию» (зависимые территории) не следовало рассматривать как нечто единое: Центр (здесь метрополия) выстраивал определённые отношения с каждой из этих территорий. При этом М. К. Чуркин пишет, что «центр, активно взаимодействуя с отдельными перифериями, предпринимал неимоверные усилия по ограничению или сведению к минимуму собственно межрегиональных контактов» [14, с. 6].

Отношения между Центрами не замыкаются в пределах одной страны. Происходит переток информации разного рода между центрами разных уровней, особенно интенсивно между так называемыми «мировыми городами». При этом Центры более низкого порядка оказываются как бы воротами по отношению к тенденциям, рождающимся в ядрах глобализованного мира. «Мировые города» типа бета, гамма и дельта (многие столицы государств) можно рассматривать как своеобразные ретрансляторы таких тенденций (зарождающихся в альфа-городах). Не случайно поэтому В. Л. Каганский называет Москву «приграничным регионом всей России» [15], мостом между глобальным миром и глубиной.

*Консервативно-конфликтный подход* основан на изучении экономических диспропорций, социальных отклонений, являющихся следствием активного развития Центра и установления неравноценного обмена между «периферией» страны и столичным ядром (или ядрами других стран в случае экспорта природных ресурсов). Роль Центра, привносящего изменения, здесь скорее негативная; традиционная Периферия сопротивляется им, что порождает конфликт. В рамках консервативно-конфликтного подхода Периферия представляется консервативной зоной, противящейся изменениям, исходящим из неустойчивого, подверженного трансформации Центра. Данный подход может применяться также в электоральной географии: в глубинке и в крупных городах население, как правило, имеет различные политические предпочтения.

*Историко-колониационный подход* применяется при анализе роста и сокращения территории империи, метрополии, во многом он связан с геополитикой. Именно при этом подходе ставятся вопросы об «эффективном пределе» расширения той или иной империи, так как слишком обширная Периферия может потребовать затрат, непосильных для Центра. В русле данного подхода лежит концепция В. Л. Цымбургского о России как

острове [16]. Говоря о способах «контроля над огромной платформой евроазиатского севера и северо-востока», В. Л. Цымбургский отмечает, что он стал возможным благодаря созданию «русских островов» в геостратегических узловых пустотах платформы, становящихся центрами организации окружающих «трудных пространств» [16, с. 2].

В рамках этого подхода рассматриваются процессы культурной и экономической трансформации периферийных территорий в провинциальные или центральные. Например, Австралия, бывшая некогда пространством ссылки, в XX веке стала практически одним из Центров западного мира (правда, в то же время, учитывая зависимость от экспорта в Китай, Периферией мира восточного).

К данному подходу примыкает подход на основе выделения рыночных зон на уровне макрорегионов. Центры здесь определяются как поставщики готовой продукции, а Периферия как зона её потребления (Периферия здесь несколько отлична от Периферии в других подходах, так как должна обладать достаточно высоким уровнем спроса на реализуемую продукцию). «Торговые войны» ведутся между Центрами для обретения контроля над Периферией. Во многом именно они стали поводом для известного «Бостонского чаепития», «континентальной блокады» XIX века или Первой мировой войны. В рамках этого подхода можно рассматривать и геэкономическое положение России после распада советского блока, лишившейся рынков сбыта (за исключением в какой-то мере рынка вооружений). В настоящее время тенденцию к закреплению рынков сбыта со стороны США можно видеть в проектах транстихоокеанского партнёрства и трансатлантического торгового и инвестиционного партнёрства.

Роль Центра в качестве политического субъекта, действующего в политическом и правовом пространстве, исследуется в рамках политико-нормативного подхода. Центр устанавливает нормы, правила [17, с. 4], а также формирует рамки неформальной экономики в регионах. Соответственно в политическом пространстве функционирование Периферии зависит от принятых в центре решений [18, с. 189].

Возможно, наиболее проработанная методология относится к *генерирующему подходу*, рассматривающему Центр в качестве генератора инноваций различного характера, которые проникают в Провинцию и отчасти Периферию, изменяя их и всю систему в целом. Именно в «связке» технологических процессов и диффузии инноваций наиболее часто и продуктивно обсуждаются сущность и процессы внутренней динамики центр-периферийной модели. Технологическое развитие запускает цепной ряд изменений во всех подсистемах, составляющих ТОС. Во-первых, это изменения в секторе хозяйства, связанные с приобретением новой специализации какой-то зоны (провинциальной или периферийной), переход от добывающей промышленности к обрабаты-



ющей или увеличение доли сферы услуг. Соответственно этому трансформируется структура занятости населения, изменяется характер природопользования (например, применение более эффективных технологий в добыче минеральных ресурсов), воздействие на ландшафты и их трансформация. Технологическое развитие можно рассматривать как процесс пространственного замещения экстенсивного развития интенсивным (более подробно данные процессы были рассмотрены в [19]).

Параллельно этим процессам в системе идут процессы институциональной трансформации, различным образом влияющей на части ТОС. Сюда можно отнести широкий круг институтов образования, моды, так называемых институтов развития, религиозных институтов и пр. Исследования скорости и пространственной неоднородности проникновения инноваций достаточно интересны (см., например, [20]).

Невыполнение Центром своих функций в качестве генератора инноваций ведёт к ослаблению всей ЦПС. При таком негативном развитии событий система может рассматриваться с позиций *проблемного подхода*. Различия между Центром и Периферией по показателю, например, душевых доходов будут рассматриваться как пространственное неравенство. Методы, позволяющие выявить особенность такого неравенства, достаточно многообразны. В целом их можно свести к трём группам. Во-первых, оценка масштаба неравенства (используются индексы рассеивания, Джини, Морана); во-вторых, структура неравенства (кластерный анализ, индекс Тейла); в-третьих, динамика неравенства (индекс Кольма и др.) (подробнее см. [21, с. 22]). Очевидно, что исчисление подобных индексов – только первая стадия исследования, за которой должна следовать монографическая стадия, т.е. исследуемый регион необходимо описывать по методикам, разработанным в русле социально-экономической географии.

В рамках проблемного подхода Периферия оказывается «недоразвитой», но в то же время обладает иным культурным пространством (не обязательно принципиально отличным, но чаще всего просто «устаревшим» по сравнению с Центром, в котором время ушло вперёд). «Периферийность» понимается, например, В. Н. Лаженцевым, как синдром. Он пишет о поиске путей преодоления «негативного синдрома периферийности путем приобщения экономически удаленных территорий к научно-техническому потенциалу центральных мест с сохранением традиционной сельской культуры» [22, с.3].

Выделение Центра, Полупериферии (Провинции) и Периферии обуславливается определёнными признаками, а также характером и интенсивностью связей между различными частями (зонами) ЦПС. При *трансляционном подходе* фокус исследования сосредоточивается

на связях между зонами, т.е. Центр и Периферия будут определяться на основании входящих и исходящих потоков вещества, энергии и информации. Очевидно, что различия в характере специализации зон определяют и различия в «видах» трансляции.

**Выводы.** В результате проведённого исследования составлена авторская типология подходов к выявлению Центра и Периферии в территориальных общественных системах. Подходы к выявлению и анализу центр-периферийных систем многообразны, а само центр-периферийное направление исследований носит междисциплинарный характер. В то же время в значительной их части центр-периферийная система трактуется слишком обще, в смысле изотропного пространства.

### Библиографический список

1. Грицай О., Иоффе Г., Трейвиш А. Центр и периферия в региональном развитии. М., 1991. 167 с.
2. Friedmann J. Regional development policy. A case study of Venezuela. Cambridge, 1966. 280 p.
3. Топчиев А. Г. Географическое пространство и его свойства // Всесоюзный симпозиум по теоретическим вопросам географии. Киев, 1977. С. 16–21.
4. Ткаченко А. А. О Сальме Яановне Ныммик // Региональные исследования. 2012. № 4. С. 4–7.
5. Быков Н. И. Факторы пространственной ориентации региональных систем «центр-периферия» // Полимасштабные системы «центр-периферия» в контексте глобализации и регионализации : теория и практика общественно-географических исследований : материалы междунар. науч. конф. Симферополь, 2015. С. 65–68.
6. Christaller W. 1933 : Die zentr. Orte in Süddeutschland. Eine ökonomisch-geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städt. Funktionen. Reprogr. Nachdruck, 1968. 346 s.
7. Родоман Б. Б. Территориальные ареалы и сети. Очерки теоретической географии. Смоленск, 1999. 256 с.
8. Perroux F. Les techniques quantitatives de la planification. P., 1965. 315 p.
9. Tuan Y. F. Space and Place : The Perspective of Experience Minneapolis. L., 2001. 496 p.
10. Валлерстайн И. Миросистемный анализ : Введение / пер. Н. Тюкиной. М., 2006. 248 с.
11. Мальцев М. Г. Варваризация римской империи как культурно-исторический процесс // Вестн. науч. ассоциации студ. и асп. ист. фак. Пермск. гос. гуман.-пед. ун-та. Сер. Stadia Historica Jenium. 2015. № 1. С. 106–107.
12. Преображенский Ю. В. Атрактивность регионов и городов Поволжского экономического района // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 2. С. 72–77.
13. Холл Т. Монголы в мир системной истории // Раннее государство, его альтернативы и аналоги : сб. ст. Волгоград, 2006. С. 442–467.
14. Чуркин М. К. Сценарии и опыт модернизации империи





в условиях освоения окраин // Вестн. Омск. ун-та. Сер. Исторические науки. 2015. № 1 (5). С. 4–11.

15. Каганский В. Л. Противоречивая Москва // Русский журнал. 2004. 13 сент. С. 38–41.

16. Цымбурский В. Л. Остров Россия перспективы российской геополитики // Полис. 1993. № 5. С. 6–53.

17. Макарычев А. С. Концепты центра и периферии в политической регионалистике: возможности постструктуралистской деконструкции // Псков. регион. журн. 2006. № 2. С. 22–27.

18. Цветкова О. В. Центр и периферия в региональном развитии: теории региональной политики. Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение // Вопр. теории и практики. 2014. № 7-1 (45). С. 189–192.

19. Преображенский Ю. В. Технологическое развитие в системах регионального природопользования // География в Саратовском университете. Современные исследования : сб. науч. тр. / под ред. А. Н. Чумаченко. Саратов, 2014. С. 9–14.

20. Бабурин В. Л., Земцов С. П. Регионы-новаторы и инновационная периферия России. Исследование диффузии инноваций на примере ИКТ-продуктов // Региональные исследования. 2014. № 3. С. 27–37.

21. Маслихина В. Ю. Количественная оценка экономического и социального пространственного неравенства в Приволжском федеральном округе // Науковедение. 2013. № 4 (17). С. 22–31.

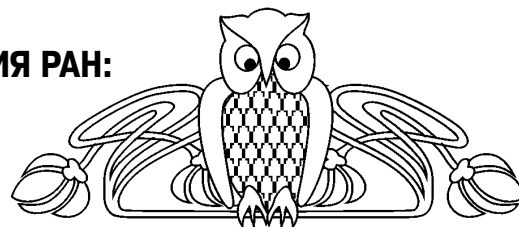
22. Лаженцев В. Н. Теория территориального развития и практика территориального планирования // Вопр. территориального развития. 2014. № 8 (18). С. 1–12.

#### Образец для цитирования:

Преображенский Ю. В. Подходы к выявлению центра и периферии // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 216–221. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-216-221.

УДК 001(09)(470.56)

## ИНСТИТУТ СТЕПИ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО СТЕПЕВЕДЕНИЯ



Т. Н. Савинова, А. Г. Рябуха

Институт степи Уральского отделения РАН, Оренбург  
E-mail: anaitat2009@yandex.ru, annaryabukha@yandex.ru

Статья посвящена истории создания Института степи – единственного на Урале и в УрО РАН академического географического института.

**Ключевые слова:** степная зона, Институт степи УрО РАН, научная школа, Оренбургский научно-исследовательский институт охраны и рационального использования природных ресурсов (ОНИИ ОРИПР), Лаборатория мелиорации ландшафтов и охраны природы Оренбургского сельскохозяйственного института, Оренбургский отдел степного природопользования, А. А. Чибилёв.

#### Institute of the Steppe of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences: Story of Formation of Modern Steppe Science

T. N. Savinova, A. G. Ryabukha

Article is devoted to history of creation of Institute of the steppe which is the only academic geographical institute in the Urals and in the Ural branch of the Russian Academy of Sciences.

**Key words:** steppe zone, Institute of the steppe UB RAS, scientific school, Orenburg research institute of protection and rational use of natural resources, Laboratory of melioration of landscapes and conservation of the Orenburg agricultural institute, Orenburg department of steppe environmental management, A. A. Chibilyov.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-221-225

10 сентября 2016 г. исполнилось 20 лет со дня принятия постановления Президиума РАН о соз-

дании в г. Оренбурге Института степи Уральского отделения Российской академии наук (УрО РАН) – специального научно-исследовательского академического учреждения, созданного для решения проблем степного природопользования. Эта дата считается днем рождения единственного на Урале и в УрО РАН академического географического института, являющегося мировым лидером в области комплексного фундаментального изучения геоэкологических проблем степной зоны Евразии и координатором международных исследований по данной тематике. Но рождение Института было подготовлено результатами трудов организаций-предшественников, а также и организатора Института степи УрО РАН А. А. Чибилёва.

В 1975 г. при Оренбургском политехническом институте (ОПИ) Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР А. С. Хоментовским (1908–1986) был организован на общественных началах и хозяйственной основе **Оренбургский научно-исследовательский институт охраны и рационального использования природных ресурсов** (ОНИИ ОРИПР) – первая природоохранная организация подобного рода в СССР [1, с. 7]. Специфика работы Института состояла в инженерной направленности исследований. Сотрудники занимались разработкой технико-экономических обоснований отдельных проблем, составляли проекты работ и рабочих чертежей, обеспечивавших их выполнение [1,



с. 7]. Вместе с этим велись постоянные стационарные наблюдения за ходом природоформирующих процессов [1, с.8]. Исследования, проводимые Институтом, были направлены на охрану и рациональное использование земельных и водных ресурсов, на защиту атмосферы и воды от загрязнения отходами промышленных предприятий, а также на комплексное использование минеральных и биологических ресурсов в промышленности и сельском хозяйстве и полное использование производственных отходов. Институт также занимался вопросами установления смещений земной коры под инженерными сооружениями, разработки проблем рекреационного использования территории Южного Урала и прилегающих к нему районов Казахстана, научных основ составления территориальных комплексных схем охраны окружающей среды.

В состав Института входило восемь лабораторий: подземного захоронения промышленных стоков; рекультивации и охраны недр; мелиорации ландшафтов; использования водных ресурсов; инженерных геологических и географических изысканий; химической технологии; защиты от эрозии территорий инженерных сооружений; охраны атмосферного воздуха. Организатором лаборатории мелиорации ландшафтов стал аспирант Воронежского государственного университета, младший научный сотрудник научно-исследовательского сектора ОПИ А. А. Чибилёв, являвшийся также с 1975 по 1982 г. ученым секретарем и заместителем директора по науке ОНИИ ОРИПР [2, с. 271–272].

ОНИИ ОРИПР было положено начало исследованиям, продолжавшимся не только годы, но и десятилетия. В частности, это относится к проблемам изучения и сохранения биоразнообразия и ландшафтов степей и экологии реки Урал.

Выявив в Оренбургской области некоторые участки, близкие к первозданной степи, чудом сохранившейся после масштабных распахов, Институт взял на себя работу по их описанию и обоснованию выбора места для создания Оренбургского степного заповедника [1, с. 10]. Институт начал разработку проекта организации заповедного степного стационара на левом берегу Урала в бассейне реки Айтуарки площадью около 4 тыс. га [1, с. 130]. Организация заповедника давала возможность сохранить уникальный генофонд степной природы. Обоснование необходимости создания степного заповедника дали в своих работах А. С. Хоментовский и А. А. Чибилёв [3–8].

В эти же годы (1976, 1980–1982) А. А. Чибилёв стал организатором четырех экспедиций по реке Урал, в трех из которых изучались экология нереста и нерестовые миграции осетровых рыб. По результатам работ был составлен Атлас нерестилищ и зимовальных ям осетровых рыб бассейна реки Урал [2, с. 272].

За время своей работы ОНИИ ОРИПР провел множество других научных экспедиций в степной

зоне Южного Урала и Северного Казахстана [2, с. 271–272]. Институтом изучались экологические последствия переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря, песчаные полупустынные ландшафты в Больших Барсуках и бассейне реки Уил (Актюбинская область, Казахстан) и т. д.

В 1982 г. Институт охраны и рационального использования природных ресурсов прекратил свою деятельность, перешли в другие научно-учебные заведения и были реорганизованы лаборатории данного Института. Так была создана хоздоговорная научно-исследовательская **Лаборатория мелиорации ландшафтов и охраны природы Оренбургского сельскохозяйственного института**.

Исследования, проводимые Лабораторией, были связаны с изучением природы Оренбургской области, в частности с проблемами рыбного хозяйства. Сотрудниками Лаборатории продолжилось изучение нереста осетровых рыб, разработка мероприятий по охране и воспроизводству осетрового стада Урало-Каспийского бассейна и по созданию перспективных схем колхозно-совхозного прудового рыбоводства и рыболовства в районах Оренбургской области. Не прекращались и исследования по изучению природного разнообразия края. В 1983 г. вышла в свет «Зеленая книга степного края», в 1984 г. была совершена экспедиция по Башкирии к истокам рек Сакмара и Урал, а в 1986 г. А. А. Чибилёв был назначен руководителем проекта организации госзаповедника «Оренбургский» – первого в России степного заповедника [2, с.273].

1 июня 1987 г. Лаборатория мелиорации ландшафтов и охраны природы Оренбургского сельскохозяйственного института была преобразована в **Лабораторию ландшафтной экологии Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук**. В составе созданной лаборатории были сформированы научные группы почвенно-экологических исследований, экологии водоемов, ботанического мониторинга, экологического мониторинга, которые занимались разработкой научных основ степного природопользования и заповедного дела в степной зоне, обоснованием и проектированием сети охраняемых природных территорий, геоэкологическим мониторингом, изучением и оценкой биологических ресурсов степной зоны Урала во времени и пространстве. Выдающимся результатом работы Лаборатории можно считать создание государственного заповедника «Оренбургский» в мае 1989 г. и взятие под охрану государства ряда памятников природы.

21 января 1990 г. Лаборатория была реорганизована в **Оренбургский отдел степного природопользования** того же Института. Новое научное учреждение состояло из лабораторий ландшафтной экологии и заповедного дела, экологии степных почв, а также группы инженерно-



экологических разработок. На начало 1993 г. штат Отдела состоял из 24 человек, только 9 из которых были научными работниками. Нарастив свой научный потенциал, с 1992 по 1995 г. сотрудники Отдела защитили 2 докторские и 2 кандидатские диссертации, а в 1995 г. был открыт прием в аспирантуру.

За годы своего существования Отдел разработал концептуальную схему основных направлений экологической оптимизации степных ландшафтов, проведя комплексный мониторинг, и систему особо охраняемых природных территорий в зонах интенсивного сельскохозяйственного освоения, сформулировал целостное представление об основных направлениях экологической оптимизации ландшафтов степной зоны, введя в теорию и практику понятие «степное природопользование».

Отдел активно участвовал в региональных, общенаучных и государственных научных программах Российской Федерации, в создании перспективных планов экономического и социального развития Оренбургской области, где сотрудниками Отдела разрабатывались разделы «Охраны природы и рационального использования природных ресурсов». В эти годы был разработан проект организации лесостепного заповедника «Шайтан-Тау», реализованный только в 2014 г. после многолетних усилий оренбургских ученых [9, с. 33–35], началась работа над Красной книгой и кадастром памятников природы Оренбургской области (Зеленой книгой) [10, 11].

С 1991 г. Отдел начал собирать научные коллекции: геологическую, энтомофауны (800 экз.), гербарий, включивший в себя впервые собранную коллекцию мхов (60 видов). В 1992 г. из личных книг сотрудников, обменно-резервного фонда Оренбургской областной универсальной научной библиотеки, Оренбургского филиала Русского географического общества, подписных периодических изданий была организована библиотека. С того времени ее фонд к концу 2015 г. вырос примерно с 2000 до 11642 экземпляров, больше 8000 из которого составляют книги и брошюры и более 3500 – журналы.

Основные результаты работы Отдела были изложены в монографиях А. А. Чибилёва «Экологическая оптимизация степных ландшафтов» [12], «В глубь степей» [13], статьях руководителя научного учреждения и его сотрудников.

Основанием для организации *Института степи УрО РАН* стала необходимость выполнения фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области геоэкологии, ландшафтоведения и биогеографии. По представлению Уральского отделения РАН и ходатайству администрации Оренбургской области данное учреждение было создано 10 сентября 1996 г. До этого времени в Оренбурге не было ни одного академического института. В своем становлении он опирался на три основы: степеведческое наследие естествоиспытателей XVIII–XX вв., под-

держку ученых-степеведов России и других стран, а также Российской академии наук, УрО РАН и государственных административных структур.

С февраля 1997 г. началось формирование основных структурных подразделений Института. Была организована работа лабораторий ландшафтного разнообразия и заповедного дела, биогеографии и мониторинга биоразнообразия, агроэкологии и мониторинга почв, природного и культурного наследия.

Основными направлениями деятельности Института стали:

- разработка теоретических основ степеведения и эколого-географических проблем рационализации природопользования и оптимизации ландшафтов в степной зоне;
- изучение и разработка стратегии сохранения ландшафтного и биологического разнообразия и объектов природного и историко-культурного наследия как основы поддержания экологического равновесия в степной зоне;
- изучение морфологии и динамики ландшафтных комплексов на основе геоинформационных технологий для оперативной оценки современного состояния и долгосрочных прогнозов развития экологической обстановки в степной зоне.

Значимым для нового института явилось проведение 21–22 мая 1997 г. первого симпозиума «Степи Северной Евразии», на котором было решено, что степеведы будут встречаться в Оренбурге каждые 3 года. За 20 лет было организовано семь подобных мероприятий (VII степной форум прошел в мае 2015 г.). В результате симпозиум стал важным научным мероприятием, объединяющим ведущих ученых, изучающих ландшафтное и биологическое разнообразие и проблемы природопользования степной зоны Евразийского материка. Во многом благодаря его работе были сформированы теоретические основы новой науки степеведения, развито понятие о степных ландшафтах, создана мощная информационная база данных, выявлены и раскрыты центры изучения степных комплексов как в России, так и за рубежом.

В настоящее время в Институте степи УрО РАН сформировалась Оренбургская ландшафтно-экологическая степеведческая научная школа, которая внесла существенный вклад в разработку теоретических основ степеведения и принципов сохранения и восстановления природного и историко-культурного наследия степей Северной Евразии.

В настоящее время в Институте работает 56 человек, более половины из них научные сотрудники, в том числе 1 член-корреспондент РАН, 5 докторов наук и 25 кандидатов наук, специализирующихся в области экологии, ландшафтоведения, геоэкологии, степной агроэкологии и землеустройства, ботаники, лишенологии, орнитологии, энтомологии, истории и археологии.



В структуре Института сейчас 6 лабораторий: ландшафтного разнообразия и заповедного дела, биогеографии и мониторинга биоразнообразия, агроэкологии и землеустройства, геоэкологии и ландшафтного планирования, исторического степеведения, экономической географии, а также библиотека, гербарий, научные коллекции, стационар «Бузулукский бор».

По всем научным направлениям проведены фундаментальные исследования, получены важные научные и практические результаты, которые обеспечивают решение актуальных геоэкологических проблем степной зоны Евразии и являются основой для принятия ряда законодательных документов регионального и федерального уровня.

Среди важнейших результатов, полученных научным коллективом Института, необходимо выделить следующие :

– заложены основы междисциплинарной области научных знаний степеведения как науки, занимающейся ландшафтно-экологическими проблемами степной зоны, разработаны теоретические и прикладные основы исторической геоэкологии степей Северной Евразии – исторического степеведения;

– изучены палеогеографические и исторические предпосылки формирования ландшафтов степей, реконструированы этапы совместной эволюции природы и человека на территории степей Северной Евразии;

– разработаны концептуальные основы землеустроительной политики в степных и лесостепных регионах страны с учетом обеспечения экологической устойчивости и сохранения природного разнообразия;

– разработаны научно-организационные принципы формирования природно-экологического каркаса крупных регионов России на основе концепции ключевых ландшафтных территорий;

– разработана стратегия сохранения ландшафтного и биологического разнообразия и устойчивого экологического и социально-экономического развития российско-казахстанского трансграничного пространства, установлен эффект повышенного природного разнообразия приграничных территорий, выявлены репрезентативные участки зональных ландшафтов в Заволжье и Северном Прикаспии;

– впервые в России выполнена региональная серия картографических произведений и краеведческих атласов области и муниципальных образований, изданы региональная Красная книга почв и геологических объектов, атласы природного наследия;

– исследованы закономерности динамики, структуры и тенденций развития солянокупольных, карстовых, псаммитовых, красноцветных, родниковых, аквально-антропогенных ландшафтов степной зоны Заволжья и Южного Урала, а также разработанные методологические подходы к их изучению;

– разработана принципиально новая схема физико-географического районирования Урала и сформулированы современные представления о географической границе между Европой и Азией от Карского до Каспийского моря, впервые составлена обзорная карта границы между Европой и Азией масштаба 1 : 500 000. Новые подходы к физико-географическому районированию Урала позволили обосновать репрезентативную сеть ключевых ландшафтных территорий в составе ООПТ федерального и регионального значения;

– разработан и издан полный учебный комплект для преподавания географии и основ природопользования в средней школе (учебник, атлас, учебно-методическое пособие – 3 издания), впервые в России разработан и начато издание районных эколого-географических краеведческих атласов, предназначенных для реализации регионального компонента школьного образования;

– разработаны эколого-экономические обоснования организации национального парка «Бузулукский бор», государственного природного заповедника «Шайтан-Тау», первого в Европе заповедника, взявшего под охрану государства горно-лесостепные ландшафты на юго-восточном пределе распространения широколиственных лесов. Коллектив Института добился организации пятого участка государственного природного заповедника «Оренбургский» путем создания нового кластерного участка «Предуральская степь» в рамках реализации проектов «Оренбургская Тарпания» и РГО по возвращению лошади Пржевальского в степи России. В результате многолетних изысканий коллектива Института во главе с директором А. А. Чибилёвым лошадь Пржевальского возвратилась в Оренбургские степи.

За 20 лет Институт как центр Оренбургской ландшафтно-экологической научной школы получил признание на *международном, национальном, региональном, областном и локальном уровне.*

*Международный уровень* – это признание Института как международного центра изучения степей. Установлены контакты со всеми степными странами мира.

*Национальный уровень* – Институт единственный в системе РАН научный центр, специализирующийся на проблемах степеведения и степного природопользования.

*Региональный уровень* – Институт решает задачи степеведения и степного природопользования в земледельческих областях страны, экспедиционные исследования охватывают Заволжье, Западный Казахстан, Южный Урал.

*Областной уровень* – Институт обеспечивает геоэкологическую оценку всей территории области. Изданы первая в России Красная книга почв, учебники по географии, учебные пособия, атласы Оренбургской области.

*Локальный уровень* – Институт работает с конкретными территориями и районами области,



например разрабатывает и издает атласы районов области.

Коллективу Института приходилось решать разноплановые геоэкологические проблемы, связанные с изучением и освоением водных ресурсов бассейна реки Урал, разрабатывать вопросы трансграничного российско-казахстанского сотрудничества, изучать экологические последствия освоения нефтегазовых месторождений, составлять эколого-экономические обоснования организации заповедников и национальных природных парков, разрабатывать эколого-географические основы развития охотничьего хозяйства, туризма и рекреации, выявлять закономерности дифференциации ландшафтов в Урало-Каспийском регионе и решать многие другие задачи. Но главной задачей Института является консолидация сил естествоиспытателей разных стран на разработку стратегии сохранения природного разнообразия и природопользования в степном поясе Северной Евразии.

Перспективы Института связаны в первую очередь с поиском хозяйственно-экологического компромисса в использовании природных ресурсов степной и лесостепной зон России в условиях естественных и антропогенных изменений окружающей среды, предусматривающего разработку фундаментальных основ, инновационных технологий и практических решений с целью экологической реабилитации постцелинного пространства степной и лесостепной зон России, решения проблем применения маловостребованного и невостребованного земельного фонда в малонаселенных приграничных южных регионах страны на основе модернизации структуры земельного фонда и эффективного использования природных преимуществ данных территорий.

Вся история развития степной науки, существующая поддержка научного сообщества, объединяющего степеведов России, Казахстана, Украины и других стран, итоги семи степных

симпозиумов и результаты 20-летней деятельности позволяют с оптимизмом оценивать будущее Института степи УрО РАН как ведущего научного центра по изучению степей.

#### Библиографический список

1. Хоментовский А. С., Гаев А. Я., Чибилёв А. А. Преобразуем родной край. Челябинск, 1981. 157 с.
2. Чибилёв А. А. Природа знает лучше. Екатеринбург, 1999. 276 с.
3. Хоментовский А. С. Откладывать нельзя // Природа и мы. Челябинск, 1980. С. 11–20.
4. Хоментовский А. С., Чибилёв А. А., Рябинина З. Н., Баканин В. В. О создании Оренбургского степного заповедника // География и природные ресурсы. 1980. № 4. С. 84–90.
5. Хоментовский А. С. Создать Оренбургский степной заповедник // Охота и охотничье хозяйство. 1980. № 5. С. 21–23.
6. Чибилёв А. А. Сохранить навечно // Природа и мы. Челябинск, 1978. С. 48–61.
7. Чибилёв А. А. Сохранить неповторимые ландшафты Оренбуржья // Природа и мы. Челябинск, 1980. С. 99–117.
8. Чибилёв А. А. Степям нужен заповедник // Природа и мы. Челябинск, 1980. С. 61–75.
9. Чибилёв А. А. Заповедник «Шайтан-Тау» – эталон дубравной лесостепи на Южном Урале / отв. ред. П. В. Вельмовский, Т. Н. Савинова ; Ин-т степи УрО РАН, РГО, Постоянная природоохранительная комиссия. Оренбург, 2015. 164 с.
10. Зеленая книга Оренбургской области : кадастр объектов Оренбургского природного наследия / А. А. Чибилёв [и др.]. Оренбург, 1996. 260 с.
11. Красная книга Оренбургской области. Оренбург, 1998. 176 с.
12. Чибилёв А. А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. Свердловск, 1992. 172 с.
13. Чибилёв А. А. В глубь степей : Очерки об естествоиспытателях Оренбургского края. Екатеринбург, 1993. 120 с.

#### Образец для цитирования:

Савинова Т. Н., Рябуха А. Г. Институт степи Уральского отделения РАН: история становления современного степеведения // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 221–225. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-221-225.



УДК 911.6

## ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ



А. А. Чибилёв, мл.

Институт степи Уральского отделения РАН, Оренбург  
E-mail: oren-icn@mail.ru

В статье рассматривается природно-административное зонирование Оренбургской области. Дается краткая физико-географическая и социально-экономическая характеристика 6 зон. С помощью картографического метода осуществляется соотношение природно-административного зонирования с административно-территориальным делением, физико-географическим районированием и сельскохозяйственным зонированием Оренбургской области.

**Ключевые слова:** районирование, природно-административная зона, Оренбургская область, физико-географическое положение, социально-экономическое развитие.

### Characterization of the Natural-administrative Zoning of the Orenburg Region

A. A. Chibilyov (junior)

The article discusses the natural-administrative zoning of the Orenburg region, a brief physico-geographical and socio-economic characteristics of the 6 zones. By using a map method compare natural-administrative zoning, with administrative-territorial division and physical-geographical zoning and agricultural zoning of the Orenburg region.

**Key words:** zoning, natural-administrative zone, Orenburg region, geographical position, socio-economic development.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-226-231

Одним из основных объектов исследования экономической географии является район как система территориальной организации общества. В свою очередь, районирование (зонирование) территории – один из важнейших географических методов, позволяющий на основе выделения и сравнения различных частей по характерным чертам подобия и отличия изучать детально большие территории. Экономико-географические и социально-экономические исследования в разрезе выделяемых районов, зон, секторов позволяют сравнивать уровень развития и устанавливать определенную общность отдельных элементов геотерии.

В настоящее время одной из основных единиц статистического наблюдения является муниципальный район. Сбор, обработка и анализ статистических данных в разрезе элементов административно-территориального деления способствуют организации управления на различных уровнях. Как правило, принимать решения на этих уровнях следует с учётом физико-географического

положения и природно-экологических условий. Зачастую границы физико-географических таксонов не совпадают с административными границами районов или субъектов. В этом случае возникает необходимость их соотношения (согласования) в процессе определения интегрального ареала – природно-административного (природно-хозяйственного). По нашему мнению, обеспеченность статистической базой – ключевой фактор необходимости совпадения границ природно-административных зон с границами элементов административно-территориального деления.

В атласах Оренбургской области представлены различные варианты районирования [1 – 3]. Особый интерес вызывает районирование Оренбургской области академиком А. А. Чибилёвым [4] на 6 зон (рис. 1).

Данное деление было предложено в разрезе развития туристско-рекреационного потенциала территорий Оренбургской области. К сожалению, социально-экономической и экономико-географической оценки выделяемые зоны, назовём их «природно-административными», не получили. Вместе с тем, по нашему мнению, данное деление территории Оренбургской области на природно-административные зоны (ПАЗ) в наибольшей степени способствует изучению размещения и развития производительных сил и системы расселения населения в тесной взаимосвязи с природно-экологическими условиями вмещающих их ландшафтов (рис. 2).

Самая северная ПАЗ – «Аксаковская лесостепь» – включает 9 муниципальных районов и 2 города (Бугуруслан и Абдулино), общей площадью 15,9 тыс. км<sup>2</sup>. Здесь проживает более 171,5 тыс. человек (69,2 тыс. человек городского населения). В физико-географическом отношении данная территория представлена в большей части Бугульминско-Белебеевским округом Заволжско-Предуральской возвышенной лесостепной провинции.

Основу гидрографической сети составляют бассейны рек Бол. Кинель, Дёма, Ик. Среднее годовое количество осадков лежит в пределах 350–500 мм, при средней глубине промерзания почвы 80–120 см. Преобладающее направление ветра в летний период – северо-западное. Почвенный покров Аксаковской лесостепи представлен чернозёмами типичными маломощными и эродированными. В типе степной растительности преобладают луговые (богаторазнотравно-злаковые) степи. Границы зоны полностью совпадают



Рис. 1. Картографическое соотношение природно-административного зонирования и административно-территориального деления Оренбургской области



Рис. 2. Картографическое соотношение природно-административного зонирования и физико-географического районирования Оренбургской области (физико-географические округа: Ia – Бугульминско-Белебеевский, Ib – Южно-Предуральский, IIa – Общесыртовский, IIб – Сакмаро-Предуральский, IIв – Сыртово-Приуральский, IIг – Урало-Илекский, IIIa – Больше-Икский, IIIб – Присакмарский, IVa – Бурлинский, IVб – Саринско-Губерлинский, Va – Суундук-Жарлинский, Vб – Орь-Кумакский, VIa – Западно-Тургайский) [3]



с границами северной сельскохозяйственной зоны Оренбургской области (рис. 3). Доля посевных площадей 21,9%, а средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур составляет 12,2 ц/га. В структуре земельного фонда Аксаковской лесостепи земли лесного фонда составляют 8,7%. При доле земель региональных ООПТ 0,3% данная зона не имеет на своей территории элементов природно-заповедного комплекса федерального уровня.

Площадь территории ПАЗ «Общий Сырт» (36,2 тыс. км<sup>2</sup>) наибольшая среди всех природно-административных зон Оренбургской области. Она включает 11 муниципальных районов и 2 города (Бузулук и Сорочинск). Население этой зоны составляет около 364,7 тыс. человек (с долей городского населения 31,1%). Значительную площадь рассматриваемой территории занимают ландшафты Общесыртовского округа Общесыртовско-Предуральской возвышенной степной провинции. Территории южных районов этой зоны (Первомайского и Ташлинского) представлены ландшафтами Сыртово-Приуральского округа Южно-Сыртовой пологоволнисто-увалистой наклонной степной провинции. В гидрографическом отношении значительная часть территории представлена бассейном реки Самара, на юге зоны – бассейнами притоков р.Урал первого порядка – р.Чаган и р.Иртек. Значение гидротермического коэффициента на рассматриваемой территории от 0,6 до 0,8. Сумма годовых температур выше +10°C находится в интервале 2600–2800°C. Среднегодовое количество осадков менее 400 мм. В структуре почв Общего Сырта преобладают обыкновенные

и южные чернозёмы, на юго-западе зоны – тёмно-каштановые солонцеватые почвы, солонцы и пески. В структуре земельного фонда доля посевных площадей с/х культур около 23,3%. В разрезе сельскохозяйственного деления Оренбургской области ПАЗ «Общий Сырт» полностью включает западную, частично юго-западную и центральную сельскохозяйственные зоны региона. Средняя урожайность зерновых чуть выше 12 ц/га. Природно-заповедный комплекс представлен национальным парком «Бузулукский бор», участком «Таловская степь» государственного природного заповедника «Оренбургский» и 169 (33,3%) охраняемыми природными объектами местного значения.

В состав ПАЗ «Подуралье» входят Оренбургский, Илекский, Соль-Илецкий, Акбулакский районы, г. Оренбург и г. Соль-Илецк. На территории общей площадью 19,7 тыс. км<sup>2</sup> проживают 763,8 тыс. человек, из них 588,6 тыс. (77,1%) городского населения. Почти вся территория за исключением северной части и северо-западной окраины Подуралья расположена в Урало-Илекском округе. Важную ландшафтообразующую роль в Подуралье играет соляная тектоника [4]. Реки Урал и Илек формируют основу гидрографической сети Подуралья. Среднее количество осадков в год составляет менее 350 мм, ветра в летний период преимущественно западные, средняя изотерма июля +22°C, января –15°C. глубина промерзания почвы на юге достигает более 140 см. Почвы северной части Подуралья представлены обыкновенными и южными чернозёмами, на юге – чернозёмами южными дефлированными, тёмно-каштановыми почвами,



Рис. 3. Картографическое соотношение природно-административного и сельскохозяйственного зонирования Оренбургской области [1]





солонцами и песками. Рассматриваемая территория включает земли юго-западной, центральной и южной сельскохозяйственных зон Оренбургской области. Доля посевных площадей составляет 20,3%, урожайность 7,1 ц/га. Лесной фонд занимает около 5,5% территории. Природно-заповедный комплекс зоны включает часть территории участка «Предуральская степь» Оренбургского государственного заповедника и 68 памятников природы регионального уровня на площади 3,6 тыс. га (менее 0,2% территории).

Пожалуй, самую сложную структуру ландшафтов, включающую территорию 6 физико-географических округов на территории Оренбургской области, имеет ПАЗ «Предуралье». Центральное положение в этой структуре занимает Сакмарско-Предуральский округ Общесыртовско-Предуральской возвышенной степной провинции. Зона Предуралья площадью 13,9 тыс. км<sup>2</sup> лежит в границах 5 муниципальных районов. Общая численность населения (целиком сельское) составляет 123,6 тыс. человек (наименьшая среди всех ПАЗ области). Предуралье включает юг лесостепной зоны и степную зону в пределах Саракташского и Беляевского районов [4]. Значительную долю гидрологических ресурсов территории составляет речной сток р.Сакмара (р.Салмыш и р.Бол. Ик) и левых притоков р.Урал. Количество среднегодовых осадков лежит в пределах 300–500 мм. Типы степной растительности сменяются в меридиональном направлении с луговых на севере, разнотравно-ковыльных в центральной части до типчакково-ковыльных на юге зоны. Основная часть территории Предуралья (за исключением Тюльганского района) расположена в центральной сельскохозяйственной зоне. В структуре земельного фонда доля земель, занятых под посевы сельскохозяйственных культур, составляет более 33,4%, урожайность – 10,4 ц/га.

«Оренбургское низкогорье» – наименьшая по площади природно-административная зона Оренбуржья (10,9 тыс. км<sup>2</sup>) – включает территорию Кувандыкского и Гайского районов. В её пределах расположено 5 городов (Орск, Новотроицк, Кувандык, Медногорск и Гай). Территория Оренбургского низкогорья самая густонаселённая из всех ПАЗ Оренбургской области (41,5 чел./км<sup>2</sup>). Здесь проживают 452,3 тыс. человек, из которых 424,9 тыс. (91%) – городские жители. Эта наиболее узкая часть Оренбургской области в ландшафтном отношении неоднородна. Оренбургское Низкогорье располагается на территории Бурлинского, Присакмарского, Саринско-Губерлинского и Орь-Кумакского округов. Его территорию делят бассейны реки Урал и реки Сакмара, на северо-восточной окраине располагается самый большой искусственный водоём области – Ириклинское водохранилище. Среднегодовое количество осадков снижается с севера от 500 до 300 мм на юге зоны, преобладающее направление ветра – западное. Почвенный

покров северо-западной части состоит из черноземов выщелоченных, на юго-западе преобладают чернозёмы южные солонцеватые с солонцами, в структуре почв центральной и восточной части значительную долю занимают неполноразвитые почвы и чернозёмы обыкновенные. Доля посевных площадей сельскохозяйственных культур наименьшая среди всех зон – 14,3%. Урожайность зерновых и зернобобовых также низкая – 6,6 ц/га. Зона Оренбургского низкогорья благодаря ландшафтному и биологическому разнообразию обладает высоким туристско-рекреационным потенциалом. Здесь расположены участок госзаповедника «Оренбургский» – «Айтуарская степь» и заповедник «Шайтан-Тау».

Самая восточная природно-административная зона Оренбуржья – Степное Зауралье. На территории площадью 27,2 тыс. км<sup>2</sup>, охватывающей 6 муниципальных районов и г. Ясный, проживают 125,2 тыс. человек (из них 87,4% – сельские жители). Это самая редконаселённая ПАЗ области, с плотностью населения около 4,6 чел./км<sup>2</sup>. Территория Степного Зауралья представлена ландшафтами Суундук-Жарлинского, Орь-Кумакского и Западно-Тургайского округов. В разрезе экономического районирования данная территория расположена в восточной и южной сельскохозяйственных зонах области. Непростые природные условия характеризуются среднегодовыми осадками менее 350 мм, средняя глубина промерзания почвы 120–150 см. Несмотря на значительные посевные площади (530,0 тыс. га), Степное Зауралье характеризуется низкими урожаями и сравнительно невысокими показателями продукции сельского хозяйства. Леса занимают менее 2% территории. Объекты природно-заповедного фонда – 84 региональных памятника природы, 1 заказник и 1 участок заповедника – занимают площадь около 40,6 тыс. га (около 1,5% территории Степного Зауралья).

Сводные показатели, характеризующие уровень социально-экономического развития и охраны окружающей среды природно-административных зон Оренбургской области, представлены в таблице.

Несмотря на то что в России научному подходу к вопросу районирования больше полутора веков [7], приходится констатировать, что для некоторых регионов исследования в этой сфере продолжают оставаться актуальными. Для Оренбургской области сопряжённый анализ индикаторов социально-экономического развития рассмотренных природно-административных зон позволит выявить круг проблем устойчивого развития территорий в тесной взаимосвязи с их природными условиями и сложившейся экологической ситуацией. Это тема дальнейших исследований, задача которых состоит в выявлении причин диспропорций и периферийности (маргинальности) территорий, определении стратегических ресурсов



Основные показатели социально-экономического развития и охраны окружающей среды Оренбургской области в разрезе природно-административного деления в 2014 году [5, 6]

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	Площадь территории, тыс. км <sup>2</sup>	Количество муниципальных районов	Количество городов	Количество сельских населенных пунктов	Численность населения, тыс. человек	Доля городского населения, %	Доля сельского населения, %	Плотность населения, чел./км <sup>2</sup>	Среднегодовая численность занятых в экономике*, тыс. человек	Объем отгруженных товаров собственного производства**, млрд руб.	Продукция сельского хозяйства, млрд руб.	Посевные площади всех с/х культур, тыс. га	Урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га	Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием***, км	Инвестиции в основной капитал на душу населения, тыс. руб.	Выборы загрязняющих веществ, тыс. т	Земли лесного фонда, тыс. га	Земли водного фонда, тыс. га	Земли рекреационных территорий****, тыс. га	Земли федеральных органов исполнительной власти*****, тыс. га	
<b>Природно-административная зона (районы и города, входящие в состав её территории)</b>	1																				
<b>Аксаковская лесостепь</b> (р-ны: Северный, Бузурусланский, Абдулинский, Асекеевский, Матаевский, Пономаревский, Шарлыкский; г. Абдулино, г. Бузуруслан)	15,9	7	2	382	171,5	40,3	59,7	10,8	29,4	8,7	14,1	347,5	12,2	3295	27,3	27,4	138,0	-	4,2	-	
<b>Общий Сырт</b> (р-ны: Бузуружский, Грачёвский, Красногвардейский, Александровский, Курманевский, Тоцкий, Сорочинский, Новосергеевский, Первомайский, Первомайский, Ташлинский; г. Бузулук, г. Сорочинск)	36,2	11	2	577	364,7	31,1	68,9	10,1	76,2	279,4	27,0	843,5	12,1	5360	87,6	162,8	164,6	3,7	15,9	58,7	
<b>Подуралье</b> (р-ны: Илекский, Оренбургский, Соль-Илецкий, Акулинский; г. Оренбург, г. Соль-Илецк)	19,7	4	2	208	763,8	77,1	22,9	38,9	202,0	174,5	15,9	400,7	7,1	2802	78,5	104,7	108,6	5,7	3,6	10,8	
<b>Предуралье</b> (р-ны: Октябрьский, Самарский, Тольянский, Саркатынский, Беляевский)	13,9	5	0	244	123,6	0,0	100,0	8,9	20,8	1,2	15,3	464,8	10,4	2839	36,9	5,9	98,2	-	4,3	10,2	
<b>Оренбургское низкоторье</b> (р-ны: Кувадынский, Гайский; г. Орск, г. Новотроицк, г. Кувадык, г. Медногорск, г. Гай)	10,9	2	5	136	452,3	91,0	9,0	41,5	110,0	123,1	9,0	155,9	6,6	1363	42,9	91,6	70,0	6,5	5,4	13,5	
<b>Степное Зауралье</b> (р-ны: Кваркенский, Нововорский, Адамовский, Домбаровский, Яненский, Светлинский; г. Ясный)	27,2	6	1	161	125,2	12,6	87,4	4,6	25,6	30,5	9,1	530,0	6,1	2874	13,5	18,2	52,9	5,6	24,1	16,5	
Вся область	123,7	35	12	1708	2001,1	59,9	40,1	16,2	464,0	617,4	90,4	2742,4	9,9	18533	74,9	410,6	632,3	21,5	57,5	109,7	

\* По организациям, не относящимся к субъектам малого предпринимательства; \*\* по видам экономической деятельности: добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды (без учёта организаций малого предпринимательства); \*\*\* без городов; \*\*\*\* с учётом площади территории Акжарской степи (Яненский район); \*\*\*\*\* включая биологический заказник «Светлинский».



(особенно возобновляемых) их устойчивого развития и поиске перспективных направлений эффективного (рационального) использования социально-экономического и природно-ресурсного потенциалов региона.

*Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Изучение историко-географических и социально-экономических аспектов освоения и развития степного пространства России и Евразии» (ФНИ № 0421-2014-0002).*

#### **Библиографический список**

1. Атлас Оренбургской области. Омск : Роскартография, 1993. 40 с.

2. Атлас Оренбургской области / под ред. А. А. Чибилёва. М. : Просвещение ; ДИ ЭМ БИ, 2003. 32 с.

3. Географический атлас Оренбургской области / под ред. А. А. Чибилёва. М. : Изд-во ДИК, 1999. 96 с.

4. Чибилёв А. А. Атлас природного наследия Оренбургской области. Оренбург : Ин-т степи УрО РАН ; ИПК «Газ-промпечат» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2006. 60 с.

5. Города и районы Оренбургской области. 2015 : стат. сб. Оренбург : Оренбургстат, 2015. 254 с.

6. Чибилёв А. А. (мл.), Семёнов Е. А. Очерки экономической географии Оренбургского края. Екатеринбург : ООО «УЦАО», 2014. 182 с.

7. Семенов П. П. Населенность Европейской России в зависимости от причин, обуславливавших распределение населения Империи // Статистический временник Российской империи. 1871. Т. II, № 1. С. 125–156.

---

#### **Образец для цитирования:**

Чибилёв А. А. (младший). Физико-географическая и социально-экономическая характеристика природно-административного зонирования Оренбургской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 226–231. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-226-231.

---



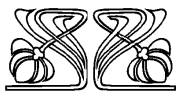
## ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.83/84

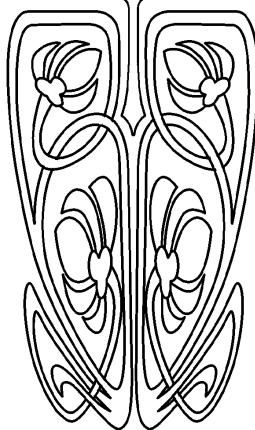
### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА НА РАЗВЕДОЧНОЙ ПЛОЩАДИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Е. Н. Волкова**

Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: VolkovaEN@info.sgu.ru



НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ



С целью повышения эффективности геофизической разведки на кафедре геофизики геологического факультета Саратовского университета разрабатывается оригинальная технология комплексирования, позволяющая оценить возможности выявления перспективных нефтегазоносных участков по кольцевым термомагнитным аномалиям, приуроченным к градиентным зонам областей гравимагнитного комплексного параметра или к участкам собственно геопотенциальных аномалий. В статье представлен опыт применения несейсмических элементов комплекса этой технологии. Применение такой технологии приведет к сокращению риска инвестиционных вложений в освоение недр на стадиях допоисковых и поисковых работ.

**Ключевые слова:** геофизика, геологоразведка, нефтегазоперспективность, ресурсы, комплексирование, аномалии гравитационные, магнитные, термомагнитные, газогеохимические, каппаметрия.

#### Results of Application of the Oil and Gas Potential Preliminary Assessment Exploration Technology over the Potential Area of Saratov Region

**E. N. Volkova**

To improve the efficiency of geophysical prospecting, the Department of Geophysics of the Faculty of Geology of Saratov State University develops original complexation technology allowing to evaluate the possibilities of identifying promising oil and gas areas by circular thermal-magnetic anomalies, limited to the gradient zones of areas of gravimagnetic complex parameter or geopotential fields anomalies itself. The article presents the experience of applying non-seismic elements of the complex of this technology. Application of the technology will lead to the reduction of risk of investments in development of mineral resources on the stages of pre-prospecting and prospecting works.

**Key words:** geophysics, geological exploration, oil and gas potential, resources, complexation, gravitational anomalies, magnetic anomalies, thermal-magnetic anomalies, gas-geochemical anomalies, magnetic susceptibility measurements.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-232-237

Основным методом поиска и подготовки объектов к бурению на нефть и газ является сейсморазведка, но за последние годы в Саратовской области этим методом открыто только одно значительное месторождение – Узеньское, расположенное в Новоузенском районе Саратовской области (Прикаспийская впадина). Объективно такое положение обусловлено сложным геологическим строением разреза Саратовского Поволжья. Субъективные причины низкой эффективности геофизической разведки связаны с тем, что любая геофизическая информация о разрезе является косвенной и нуждается в интерпретации, а этот процесс субъективный.

С целью повышения эффективности геофизической разведки на кафедре геофизики Саратовского университета разрабатывается ори-



гинальная технология комплексирования для применения ее на участках Прикаспийской впадины и сопредельных территорий.

В процессе формирования единой методологии, на основе которой создается указанная технология, выделяются *задачи*, которые могут быть наиболее эффективно решены с привлечением информации геопотенциальных методов.

Одна из них – традиционная задача выявления перспективных участков для постановки сейсморазведочных работ на нефть и газ. Данную задачу целесообразно решать с использованием карт направленного суммирования (карты комплексного параметра) значений аномалий гравитационного  $\Delta g$  и магнитного поля  $\Delta T$ . Методология комплексного параметра разработана [1] и опробована при решении многообразных геологических задач на кафедре геофизики Саратовского университета.

Направленное суммирование геопотенциальных полей основывается на существовании как общих, сосредоточенных, главным образом, в толще пород кристаллического фундамента геологических тел – источников аномалий  $\Delta g$  и  $\Delta T$  (аномалии, связанные с ними, называют моногеничными), так и разных, по преимуществу отождествляемых с плотностными неоднородностями слабомагнитных пород осадочного чехла и контрастно магнитными телами высокоплотных кристаллических пород. Общие источники (но разнознаковых аномалий – относительных максимумов в поле  $\Delta g$  и относительных минимумов в поле  $\Delta T$ ) есть и в осадочной толще – погребенные органогенные постройки, рифовые массивы и иные карбонатные тела, плотные и немагнитные, компенсированные более легкими и более магнитными терригенными либо легкими и слабодиамагнитными галогенными образованиями. Поэтому направленное суммирование предварительно нормированных и лишенных размерности карт (цифровых матриц)  $\Delta g$  и  $\Delta T$  позволяет максимумами комплексного гравимагнитного параметра КП-1 выявить участки, где аномалии моногеничны (прямое суммирование – прямое знаковое сочетание :  $+\Delta g, +\Delta T$ ), а максимумами комплексного параметра КП-2 (обратное суммирование или вычитание – инверсно-знаковое сочетание :  $+\Delta g, -\Delta T$ ) наметить аномогеничные зоны – погребенные карбонатные тела и пр. Карты комплексного параметра первого рода (КП-1) можно, используя терминологию Д. Девиса [2], называть картами «сходства», а карты КП-2 – картами «различий». Физико-геологическая природа аномалий КП и сама методология комплексного параметра более подробно рассмотрены в ряде публикаций [3 и др.]. Там же показана целесообразность использования методики картопостроения КП в качестве основы для компьютерного геофизического районирования территории. Идея суммирования может быть реализована и в профильном варианте, как это было показано в более ранних работах [4, 5 и др.].

В нефтяной геофизике любая работа с гравимагнитными данными неизбежно связана с решением задач *локализации* объектов поиска, выделения остаточных аномалий и их пространственной привязки к локальным геологическим структурам – источникам малоразмерных и малоамплитудных возмущений  $\Delta g$  и  $\Delta T$ , которые на гравиметрических и аэромагнитных картах проявляют себя в виде незамкнутых, сложных конфигураций изоаномал. Идея разделения эффектов, создаваемых различными источниками, и, тем самым, локализации аномалий доминировала в геопотенциальных методах с момента их появления на свет в виде частотных трансформаций и геологического редуцирования, а в более поздние времена появились корреляционные трансформации.

С появлением новых геофизических высокоточных приборов и технологий недропользователи требуют предварительной оценки нефтегазового потенциала объекта, для которой, по нашему мнению, следует операции с косвенными параметрами дополнить прямыми методами. На основе разработки такой методологии может быть создана в дальнейшем единая технология комплексной интерпретации разнородных геофизических и геохимических данных в виде компьютерной интерпретационной системы, многомодульной и сбалансированной, с математическим ядром вероятностно-статистического характера.

На современном этапе исследований разработана методика технологии комплексной интерпретации данных геофизических и геохимических исследований в задачах прямого поиска залежей углеводородов. Основные элементы предлагаемой технологии составили три этапа процедур комплексной обработки и интерпретации полевых и фоновых материалов.

Решение *задачи прямого прогнозирования залежей нефти и газа* структурируется как трех-этапное. На первом этапе осуществляется районирование территории. На втором проводятся полевые наблюдения на выделенных перспективных участках. В полевой комплекс включены методы грави- и магниторазведки, газогеохимии, термомагнитометрии, геоэлектрохимии. Перечисленные методы реализуются по большей части в авторских технологиях.

На третьем этапе осуществляются сопоставление и увязка результатов полевых работ с имеющимися фоновыми геологическими и геофизическими построениями, что дает возможность существенно повысить достоверность прогнозирования углеводородов.

Технология базируется на рациональном комплексе экспрессных геолого-геофизических методов полевых исследований. В процессе формирования рационального комплекса методов прогнозирования получено положительное решение на изобретение нового способа геофизической разведки и оценки нефтегазоносности перспективных объектов.



Работоспособность комплекса оценивалась на примере разведочных площадей, относящихся к различным регионам России, однако все эти оценки не были достаточными, поскольку ни по одной из площадей не имелось данных в формате полного комплекса. Для выхода на необходимый формат и получения всесторонних оценок потребовалось проведение специальных полевых исследований на натурной модели, в качестве которой было выбрано рядовое нефтяное месторождение в юго-западной части Саратовской области. Исследуемая территория в тектоническом отношении расположена в области сложнопостроенного Рязано-Саратовского прогиба. Сплавнухинский лицензионный участок находится на западе Иловлинско-Родниковской дислокации (или Сплавнухинского прогиба, по В. П. Шебалдину), отделяющей Карамышскую депрессию от Каменско-Золотовской зоны поднятий. Сплавнухинское нефтяное месторождение имеет сложное строение и представляет собой крупное горстовидное антиклинальное поднятие, разделенное тектоническими нарушениями с амплитудой сброса 10–20 м на четыре блока, три из которых имеют самостоятельные нефтяные залежи.

Промышленная нефтеносность на месторождении установлена в ардамовских отложениях среднедевонского возраста на глубине 3000 м.

Гравиметрические, магнитометрические, газогеохимические, каппаметрические, геоэлектрoхимические съемки с использованием современной высокоточной аппаратуры были проведены по густой сети на участке площадью 7,2 км<sup>2</sup>.

Терромагнитное и газогеохимическое обследование в пределах месторождения включало многообразные процедуры в 190 пунктах отбора проб. Применяемый терромагнитный метод выявления нефтегазовых структур [6, 7] основан на определении тонкодисперсных аутигенных минералов (пирит и сидерит), концентрация и размерность зерен которых недостаточны для их определения с помощью оптического или рентгеноструктурных методов. Опосредованно эта задача сравнительно просто решается путем нагрева пробы до температур 450–500° С, который ведет к трансформации пирита и сидерита в магнетит. За счет этих фазовых превращений резко возрастает магнитная восприимчивость почв. Величина прироста определяется соотношением  $dk = kt/k$ , где  $k$  – исходная магнитная восприимчивость почвенного образца, а  $kt$  – его величина после прогрева. Это отношение на фоновых участках, находящихся вне зон влияния УВ залежей, не превышает значений 1.1–1.5, редко достигает 1.8–2. Над зонами активной миграции УВ из залежей нефти и газа в зависимости от конкретных геологических условий  $dk$  варьирует от 3 до 30 и более единиц. При практическом применении установлено, что многие терромагнитные и газовые аномалии формируют

кольцевые или полукольцевые структуры над крыльями продуктивных антиклинальных поднятий. Непосредственно над залежами фиксируется терромагнитный минимум.

Съемочная сеть для геопотенциальных полей была составлена как правильная ортогональная система пунктов и профилей. Расстояние между профилями 200 м, расстояние между пунктами по профилям 200 м, густота сети 25 пунктов на квадратный километр. Такая сеть позволяет построить кондиционную отчетную гравиметрическую карту масштаба 1 :50000 с сечением изоаномал 0.05 мГал или 0.1 мГал. Среднеквадратическая погрешность определения силы тяжести на пункте составила  $\pm 0.007$  мГал.

На этапе интерпретации фондового материала результатов гравимагнитных съемок двусотысячного масштаба были вычислены карты комплексного параметра, на которых выявлен район центральной замкнутой изометричной аномалии сходства.

Конфигурация изоаномал сходства (КП1) (рис. 1) на юго-востоке участка в зоне скопления скважин частично совпала с геометрией изогипс отражающего горизонта, что подчеркивает структурный фактор изучаемого объекта, и выделила область месторождения.

Рассмотрим далее исходные и комплексные параметры, полученные в результате высокоточной съемки.

**В поле  $\Delta g$**  (рис. 2), освобожденном от влияния регионального фона, выделены два локальных максимума амплитудой 0,5 мГал и размером 1,5 км.

Первый – на юге – целиком находится в области контура нефтеносности и совпадает с участком, разделяющим склоны структурных вершин с продуктивными скважинами.

Второй – к северо-западу от скв. 2 – обладает меньшим размером и амплитудой, располагается над наиболее приподнятой областью участка.

**В поле  $\Delta T$**  осредненных значений микромагнитной съемки отмеченные области возмущений также четко локализованы (рис. 3), но знак аномалий здесь противоположный – это локальные минимумы порядка 3 нТл, которые можно исходя из теоретических соображений трактовать как обусловленные диамагнетизмом нефти.

Необходимо указать, что все продуктивные скважины, показанные на рис. 3, приурочены к градиентной зоне, огибающей изометричные минимумы  $\Delta T$ , или даже к минимальным значениям. Кроме названных, в магнитном поле намечается еще несколько минимумов, попадающих в контур территории, помеченной как перспективная по категории запасов  $C_1$ .

Интегральное и наиболее наглядное представление об особенностях распределения обоих геопотенциальных полей дает **карта гравимагнитного комплексного параметра КП1** (рис. 4), где минимальными значениями аномалий

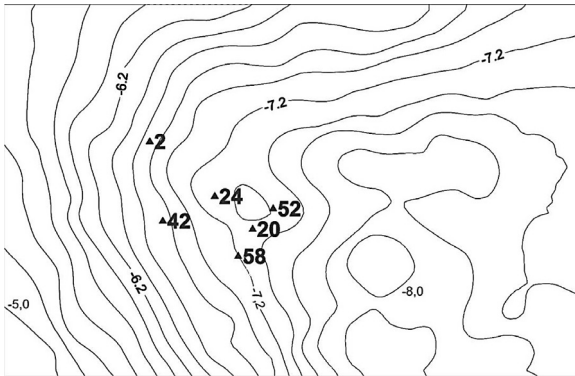


Рис. 1. Схема комплексного параметра сходства КП1:  
-7,2 – изолинии КП1; ▲24 – скважины

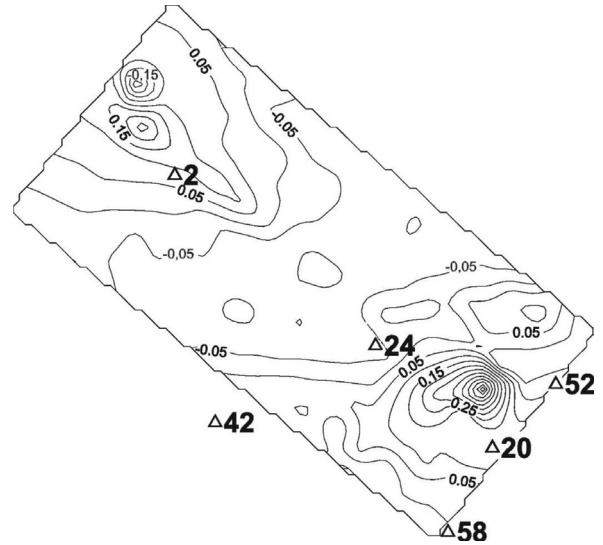


Рис. 2. Карта значений поля силы тяжести после снятия тренда 1-й степени:  
-0,05 – изолинии  $\Delta g$ ; ▲20 – скважины

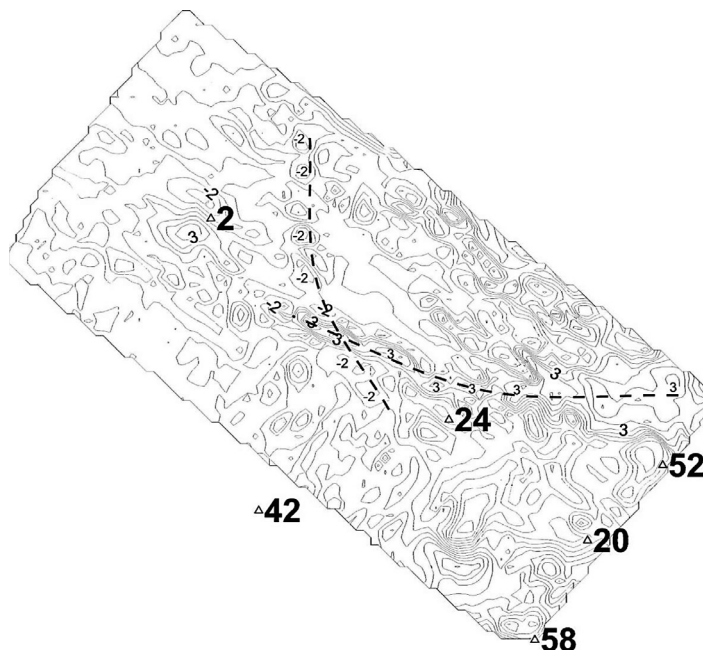


Рис. 3. Карта магнитного поля по результатам микромагнитной съемки:  
○ – изолинии  $\Delta T$ ; ▲24 – скважины; - - - – предполагаемый разлом

сходства выделены упомянутые возмущения. Обращает внимание факт наличия кольцеобразной структуры КП1 в межскважинном пространстве скв. 24, 20, 42.

Сопоставляя эту карту с особенностями распределения **терромагнитного (ТМК) поля** (рис. 5), можно отметить, что на общем пониженном фоне значений ТМК на юго-восточном участке, во втором тектоническом блоке фиксируется площадная аномалия, имеющая кольцеобразную структуру.

Область рядом со скв. 52 зафиксирована контуром отсутствия аутигенных минералов, что говорит о возможном наличии углеводородов. Указанная область совпадает с резкими знакопеременными полями КП, результат визуального анализа свидетельствует о приуроченности градиентных зон КП к зонам скопления углеводородов.

К области второго относительного максимума КП на северо-западе территории приурочена зона знакопеременной ТМК, которая совпадает с отмеченным относительным минимумом сходства.

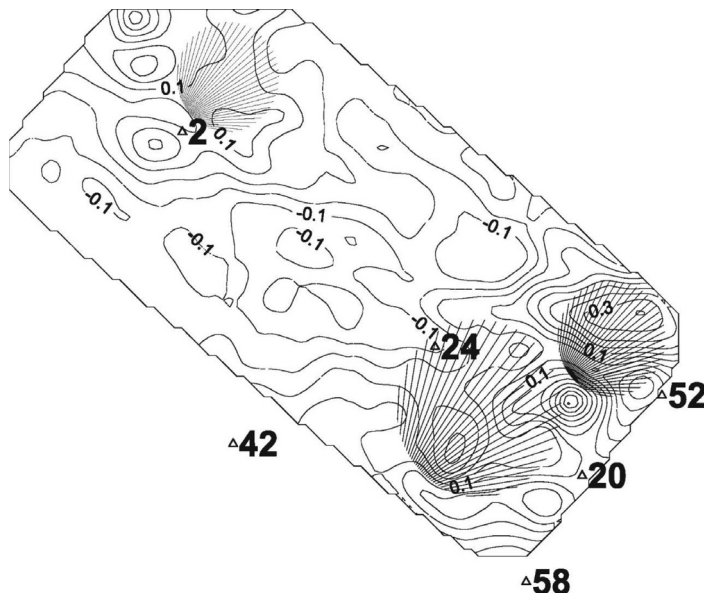



Рис. 4. Схема гравимагнитного параметра сходства КП1:  
-0.1 – изолинии КП1;  $\Delta$ 24 – скважины;  – перспективные зоны по ТМК

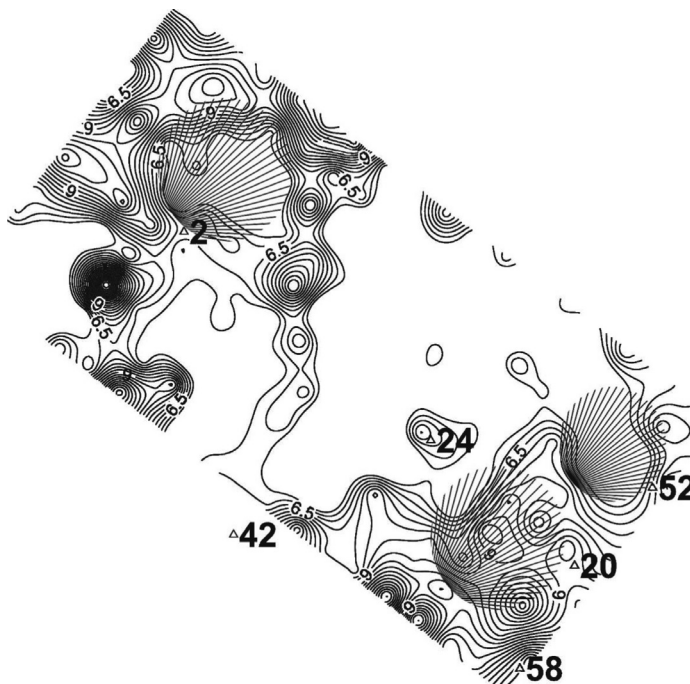



Рис. 5. Схема распределения терромагнитного (ТМК) коэффициента:  
-0.1 – изолинии КП1;  $\Delta$ 24 – скважины;  – перспективные зоны по ТМК

Газовые аномалии вокруг экстремальных минимальных значений ТМК фиксируются только на периферийных участках, причем с утяжелением УВ газа от С1 до С6 локализация газовых аномалий становится более четкой, что говорит о хорошей сохранности области, совпадающей с контуром отсутствия газов.

По итогам выполненных работ на месторождении можно сделать предварительные выводы и рекомендации.

Основываясь на том, что отмечена хорошая корреляция геофизических аномалий с термо-

магнитными, можно говорить о правомерности теоретических предпосылок, из которых исходили разработчики упоминавшегося рационального комплекса.

Знаковая характеристика аномалий позволяет диагностировать их как обусловленные углеводородным фактором.

Опыт применения несейсмических элементов комплекса методов в рамках Прикаспийской впадины и сопредельных территорий позволяет говорить о возможности выявления перспективных участков по кольцевым терромагнитным





аномалиям, приуроченным к градиентным зонам аномальных областей гравимагнитного комплексного параметра или к участкам собственно аномалий.

Таким образом, можно утверждать, что создан комплекс методов прямого прогнозирования нефтегазовых залежей, который отличается широким охватом разносторонней информации, системно выстроенной с использованием единой технологической схемы способов ее получения и обработки.

Применение такой технологии позволит снизить вероятность получения погрешностей при прогнозировании, что приведет к сокращению риска инвестиционных вложений в освоение недр на стадиях допоисковых и поисковых работ.

#### Библиографический список

1. Рыскин М. И., Сокулина К. Б., Волкова Е. Н. Оптимизированная модель комплексной интерпретации геофизических данных в солянокупольных бассейнах // Геофизика. 2007. № 6. С. 11–20.
2. Дэвис Д. Статистика и анализ геологических данных. М.: Мир, 1973. 353 с.
3. Рыскин М. И., Сокулина К. Б., Барулин Д. А. Повышение эффективности геофизической разведки нефтегазоперспективных объектов путем комплексирования сейсмоданных с гравимагнитными // Геофизика. 2005. № 4. С. 14–21.
4. Березкин В. М., Киричек М. И., Кунарев А. А. Применение геофизических методов разведки для прямых поисков месторождений нефти и газа. М.: Недра, 1978. 223 с.
5. Никитин А. А. Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения Земли // Геофизика. 1997. № 4. С. 3–12.
6. Рыскин М. И., Волкова Е. Н., Михеев С. И., Фролов И. Ю., Шигаев В. Ю. Рациональное комплексирование геофизических и геохимических методов прогноза нефтегазовых залежей // Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка. 2010. № 1. С. 59–64.
7. Молостовский Э. А., Фролов И. Ю. Использование терромагнитометрии при поисках месторождений нефти и газа // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика и эксперимент: материалы междунар. семинара. Казань, 2004. С. 257–262.

#### Образец для цитирования:

Волкова Е. Н. Результаты применения технологии предварительной оценки нефтегазового потенциала на разведочной площади Саратовской области // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 232–237. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-232-237.

УДК [552.53:551.736.1] (470–925.22)

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И АКЦЕССОРНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ПОРОДАХ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ СТАДИЙ ГАЛОГЕНЕЗА ВНЕШНЕЙ БОРТОВОЙ ЗОНЫ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ



О. П. Гончаренко, Г. А. Московский, Д. А. Шелепов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: goncharenkoop@mail.ru

В работе рассмотрены закономерности постседиментационных изменений пород заключительных стадий галогенеза на Гремячинском месторождении калийных солей. Установлена связь постседиментационных процессов с особенностями состава рапы, строения и закономерностями поступления терригенного материала. Отмечается существенная роль в карналлитовых породах частичного метасоматического замещения галита высаливания, а также диагенетических процессов в галогенных толщах, часто сопровождавшихся начальными фазами пликтивных деформаций. Приведённые результаты важны при латеральном прогнозе состава калийных и калийно-магниевого пород.

**Ключевые слова:** постседиментационные процессы, терригенный материал, метасоматоз, диагенез, пликтивные деформации, акцессории.

**Features of Postsedimentation Alteration Sand Accessory Mineralization with in Rocks at Final Stages of Halogenesis in the Outer Slope Zone of the Caspian Depression**

**O. P. Goncharenko, G. A. Moskovskij, D. A. Shelepov**

The paper deals with regularities of postsedimentation changes in rocks at the halogenesis final stages within the Gremyachinskoye potassium salt field. Relation ship has been revealed among the postsedimentation processes, brine composition peculiarities, structure and regularities of terrigenous material inflow. Substanti al role of partial metasomatic replace mentofsalting-out halite in carnallite rocks is specified, as well as the role of diagenetic processes in halogen series, frequently accompanied with initial phases of plicative deformations. The results presented here in are important for lateral predictions of potassium and potassium- magnesium rock compositions.

**Key words:** postsedimentation processes, terrigenous material, metasomatosi s, diagenesis, plicative deformations, accessories

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-237-240



Результаты изучения постседиментационных изменений калийных, калийно-магниевого и магниевых солей наряду с анализом их первичных парагенезисов являются важным показателем условий формирования. Они необходимы также для прогнозирования латеральных изменений продуктивных горизонтов и разработки технологии переработки этих пород. Общие особенности вторичных изменений пород заключительных стадий галогенеза намечены М. Г. Валяшко и И. К. Жеребцовой [1], а О. И. Петриченко [2] они анализировались с использованием методов термобарогеохимии. Отдельные аспекты данных процессов рассмотрены нами на примере ряда регионов Прикаспийского нижнепермского соленосного бассейна и верхнепермского Калининградского бассейна [3–9].

Постседиментационные процессы инициируются повышенной температурой придонных слоёв или межкристальной рапы, наличием в составе пород минералов, легко трансформируемых при изменении температуры, экзотермическими реакциями перекристаллизации минералов, воздействием растворов, мобилизующихся при дегидратации минералов или выделяющихся из уплотняющегося глинистого материала, присутствующего иногда в виде существенной примеси [2]. Важная роль здесь могла принадлежать концентрированной плотной рапе, известны также случаи существенного влияния на галогенные породы растворов хлоридно-кальциевого состава [4, 5, 10]. На Гремячинском месторождении их роль установлена лишь на подготовительной и галитовой стадиях [5, 7].

При воздействии на калийно-магниевого соли **малосгущенных растворов** происходит увеличение относительной роли калия в рапе выщелачивания и возможность замещения карналлита сильвином. Подобный ход галогенного процесса отражен в смещении фигуративных точек состава рапы на генетической диаграмме солевого состава растворов включений в галите из ассоциации с карналлитом и сильвином (рис. 1), из области состава карналлита в область состава сильвина. Соответствующий механизм замещения карналлита сильвином реализуется во многих интервалах продуктивной толщи Гремячинского месторождения калийных солей.

Во вторичном минералообразовании в калийных и калийно-магниевого солях роль **концентрированной рапы**, опускающейся в осадок или мигрирующей по латерали в нём, сводится к образованию так называемых зон замещения. К этому типу процессов относится и замещение хлоридных калийных минералов сульфатными калийными солями (рис. 2).

В сильвинитах и карналлитовых породах, содержащих незначительную примесь пелитового материала, постседиментационные изменения, как правило, малозаметны. Однако в калийно-магниевого и калийных породах, содержащих повышенное содержание пелитового материала,

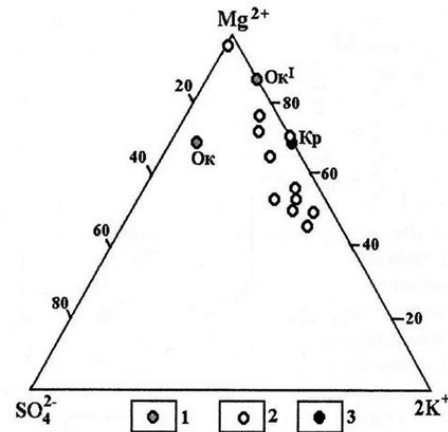


Рис. 1. Фигуративные точки состава растворов включений в галите, образовавшемся при воздействии на калийно-магниевого соли малосгущенных растворов, на солнечной диаграмме: 1 – состав современной океанической воды; 2 – состав рапы включений; 3 – состав твердой фазы – карналлита

проявляется коррозия кристаллов сильвина и карналлита за счёт воды, выделяющейся при уплотнении пелита. Здесь же часто идёт образование кристаллов каинита и кизерита или замещение карналлита кизеритом. Скопления кристаллов полигалита, кизерита часто приурочены к сгусткам пелитового материала (рис. 3).

В породах преимущественно карналлитового или бишофитового состава, не содержащих примеси пелита, на постседиментационной стадии в большинстве случаев существенного изменения минерального состава не происходит, так как в составе рапы преобладает лишь один компонент – хлористый магний. Вторичное минералообразование здесь, по нашему мнению, связано, главным образом, с реликтами рапы, раскристаллизация которых происходит в межкристалльных полостях. В них кристаллизуются мелкие кристаллы кизерита, карналлита и, возможно, даже тахидрита (рис. 4). Присутствие последнего предполагается на основании химических анализов бишофитовых пород и рапы включений в галите, парагенном бишофиту [5].

Существенная роль в карналлитовых породах принадлежит явлению частичного метасоматического замещения галита высаливания каёмками карналлитового и даже бишофитового состава, что также должно учитываться при пересчёте химических анализов пород (рис. 5).

Диagenетические процессы в галогенных толщах часто сопровождаются начальными фазами пликтивных деформаций, обуславливающих либо значительными углами наклона дна бассейна и сползанием со склона неполностью литифицированного осадка, либо факторами внутренней соляной тектоники [11]. Эти деформации часто имеют локальные проявления в параллельно-слоистой толще породы. Если рапа на начальном этапе диагенеза представляла собой вязкую

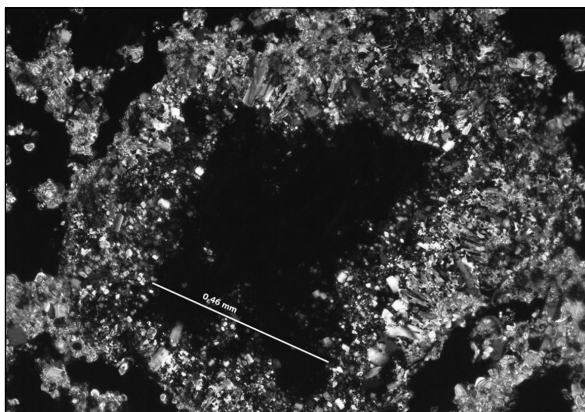


Рис. 2. Замещение кристалла сильвина (черное в центре) мелкими агрегатами кизерита, каинита и карналлита (Нивенское месторождение калийных солей, Калининградская обл.)



Рис. 3. Замещение карналлита полигалитом, приуроченное к сгусткам пелита (Перелюбский участок северо-востока Прикаспия)

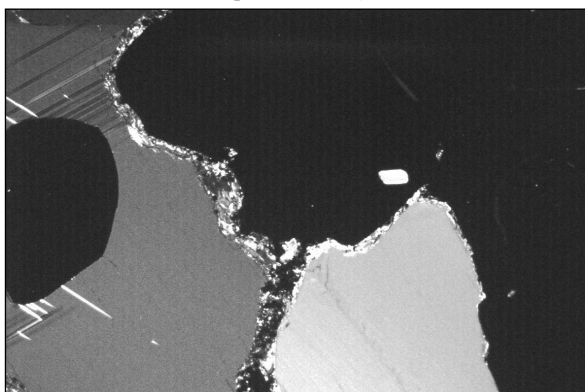


Рис. 4. Межзерновые полости с продуктами раскристаллизации остаточной рапы (Даргановский поисковый участок Гремячинского месторождения, скв. 70)



Рис. 5. Молочно-белый шпатовый сильвин, замещающий каменную соль (Даргановский поисковый участок Гремячинского месторождения, скв. 61)

концентрированную фазу, включающую корки и сгустки галита высаливания, то эти тектонические деформации приводили к формированию брекчиевидных галит-карналлитовых пород. Начальные фазы деформаций в галогенной толще приводят часто к образованию полостей, заполняющихся остаточной рапой (рис. 6). Её раскристаллизация приводит к образованию корок или гнёзд с поперечно-волокнутой или поперечно-шестоватой текстурой, линз и жилородных тел вторичного карналлита или сильвина (рис. 7).

Минерализация, которую можно определить как «аксессуарную» по отношению к парагенезисам галогенных пород, отвечает стадиям её проявления (целестин – для сульфатно-карбонатной, бораты – для хлоридной и др.). В то же время присутствие в составе галогенных пород говлита, еремеевита, сирлезита, цеолитов [3] может говорить о возможной роли растворов глубинного генезиса. Однако их роль, судя по нашим данным, была локальной и не меняющей направленности галогенеза во всём бассейне [5–7].

Обобщение полученных результатов позволяет отметить, что существенное проявление постседиментационных процессов связано с по-

ложением участка соленакопления в акватории солеродного бассейна (тупиковый участок, береговая полоса, приподнятый участок дна и пр.). Это может проявляться в частичном растворении калийных и калийно-магниевого минералов или их коррозии, а также в замещении карналлита сильвином. Существенное содержание пелитового материала в породах, поровые растворы которых содержали повышенное количество ионов сульфата, приводит к образованию парагенезисов солей с полигалитом, кизеритом и каинитом, даже в тех участках солеродного бассейна, в которых, судя по первичным парагенезисам, кристаллизация минералов шла из сильно метаморфизованной рапы с минимумом сульфата.

Сведения о направленности вторичных процессов в породах заключительных стадий галогенеза в совокупности с установленными нами закономерностями изменений в составе рапы и содержании нерастворимого остатка (и особенно глинистого материала) в различных участках бассейна седиментации представили важный материал для латерального прогноза состава калийных и калийно-магниевого пород на восточном фланге Гремячинского месторождения калийных



Рис. 6. Керн с жилоподобным телом карналлитового состава в галите (восточный фланг Гремячинского месторождения)

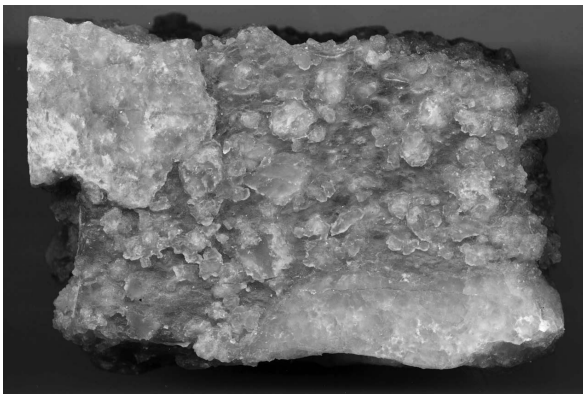


Рис. 7. Брекчиевидная текстура карналлит-галитовой породы (Гремячинское месторождение, скв.10)

солей. Примером такого прогноза является наше предположение о возможной встрече на восточном фланге месторождения, в калийно-магниевых породах, парагенезисов с бишофитом, который впоследствии подтвердился при бурении новых скважин.

### Библиографический список

1. Валяшко М. Г., Жеребцова И. К. Специфика условий формирования отложений заключительных стадий галогенеза // Основные проблемы соленакпления. Новосибирск, 1981. С. 45–48.
2. Петриченко О. И. Эпигенез эвапоритов. Киев, 1989. 63 с.
3. Гончаренко О. П. Бороносность пермской галогенной формации Прикаспийской впадины. Саратов, 2004. 93 с.
4. Гончаренко О. П. Калиеносность эвапоритовых бассейнов фанерозоя и особенности формирования отложений заключительной стадии галогенеза // Литология и полезные ископаемые. 2006. № 4. С. 422–433.
5. Московский Г. А., Гончаренко О. П. Пермский галогенез Прикаспия : в 2 ч. Ч. 2. Гидрохимия заключительных стадий и условия постседиментационных преобразований солей. Саратов, 2004. 87 с.
6. Московский Г. А., Гончаренко О. П. Минералогические показатели эволюции седиментации в калиеносном бассейне Гремячинского месторождения (Приволжская моноклинал) // Геология, география и глобальная энергия. 2012. № 4 (47). С. 55–58.
7. Московский Г. А., Гончаренко О. П., Свидзинский С. А., Писаренко Ю. А. Минерагенические и геохимические аспекты концепций галогенеза // Геологическая среда, минерагенические и сейсмоструктурные процессы : материалы XVIII Междунар. конф. Воронеж, 2012. С. 200–203.
8. Goncharenko O., Moskovskij G., Svidsin'skiy S., Pisarenko Yu. Character of Sedimentation in the Potassium-bearing Basin of the Gremyachinskoye Field (Volga Monocline) // Acta Geologica Sinica. J. of the Geological of China. 2014. Vol. 88. Supp. 1. P. 242–244.
9. Московский Г. А., Гончаренко О. П., Шелепов Д. А. Условия формирования калийно-магниевых солей верхнепермского Калининградско-Гданьского солеродного бассейна (по результатам изучения включений в минералах : материалы Рос. совещания с междунар. участием. Сыктывкар, 2014. С. 176–179.
10. Анисимов Л. А., Московский Г. А. Интерпретация гидрогеологических данных по Прикаспийской впадине // Сов. геология. 1989. № 5. С. 49–54.
11. Свидзинский С. А., Фёдоров С. А., Московский Г. А. Внутренняя соляная тектоника в галогенной толще Гремячинского месторождения калийных солей // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2011. Т. 11, вып. 2. С. 83–87.

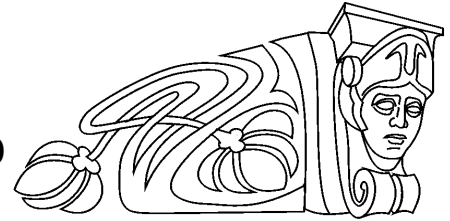
### Образец для цитирования:

Гончаренко О. П., Московский Г. А., Шелепов Д. А. Особенности постседиментационных изменений и аксессуарная минерализация в породах заключительных стадий галогенеза внешней бортовой зоны Прикаспийской впадины // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 237–240. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-237-240.



УДК 550.837

## МАТРИЧНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ВТОРОГО РОДА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ БИО



В. П. Губатенко<sup>1</sup>, И. Г. Московский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: gubatenkovp@gmail.ru

<sup>2</sup> Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.  
E-mail: mosig@mail.ru

Предложен матричный метод решения задачи о сейсмоэлектрическом эффекте второго рода. Рассмотрено возбуждение этого эффекта в горизонтально-слоистой среде точечным источником механических колебаний. Получено аналитическое решение задачи о сейсмоэлектрическом эффекте второго рода для однородного пространства.

**Ключевые слова:** сейсмоэлектрический эффект второго рода, среда Био, матричный метод, передаточная матрица.

### The Matrix Method for Solving the Problem of the Second Kind Seismoelectrical Effect in a Geological Medium Biot

V. P. Gubatenko, I. G. Moskovskiy

The matrix method for solving the problem of Seismoelectrical effect of the second kind is suggested. The excitement of this effect in a horizontally-layered medium by a point source of mechanical vibrations is considered. An analytical solution of the problem of the second kind Seismoelectrical effect for a homogeneous space is obtained.

**Key words:** seismoelectrical effect of the second kind, medium Biot, matrix method, transfer matrix.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-241-247

### Введение

Сейсмоэлектрическим эффектом второго рода называется явление возбуждения электромагнитного поля в пористых влагонасыщенных горных породах при распространении в них механических колебаний. Электромагнитное поле сейсмоэлектрического эффекта определяется широким спектром петрофизических характеристик горной породы: пористостью, проницаемостью, свойствами поровой жидкости и др. Данная связь определяет стремление использовать сейсмоэлектрический эффект при решении разнообразных прикладных геологических задач, в частности при разработке новых геофизических методов исследования скважин (ГИС) и зондировании околоскважинного пространства. Важной составляющей таких методов является возможность математического моделирования измеряемых при зондировании физических полей. Предлагаемая в настоящей

статье математическая модель предназначена для моделирования упругих и электромагнитных полей сейсмоэлектрического эффекта второго рода при возбуждении в одном из слоев горизонтально-слоистой среды механических колебаний точечным источником переменной силы.

### 1. Постановка задачи

Математическая модель сейсмоэлектрического эффекта второго рода в низкочастотном приближении может быть представлена в виде последовательности решаемых подзадач [1,2]:

- задача пороупругости;
- задача электрокинетики;
- электродинамическая задача.

Задачу пороупругости будем рассматривать в постановке Био [3, 4]. В соответствии с ней компоненты тензора напряжений имеют вид

$$\tau_{ij} = 2\mu e_{ij} + \delta_{ij}(\lambda_c e - \alpha M \zeta), \quad (1)$$

где  $e = \text{div } \mathbf{u}$ ;  $\zeta = -\text{div } \mathbf{w}$ ;  $\mathbf{w} = f(\mathbf{u}_f - \mathbf{u})$ ;

$$e_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \text{компоненты тензора де-$$

формации;  $f$  – пористость;  $\mathbf{u}$  – вектор смещения твердой фазы;  $\mathbf{u}_f$  – вектор смещения жидкой фазы;  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера.

Давление флюида определяется выражением

$$P = -\alpha M e + M \zeta. \quad (2)$$

В выражениях (1), (2) постоянные  $\alpha$ ,  $M$ ,  $\lambda_c$  определяются соотношениями:

$$\lambda_c = A + 2Q + R, \quad \alpha M = \frac{1}{f}(Q + R), \quad M = \frac{R}{f^2},$$

$$A = \frac{(1-f) \left( 1 - f - \frac{K_m}{K_s} \right) K_s + f \frac{K_s K_m}{K_f}}{\tilde{\Delta}} - \frac{2}{3} \mu,$$

$$Q = \frac{\left( 1 - f - \frac{K_m}{K_s} \right) f K_s}{\tilde{\Delta}}, \quad R = \frac{f^2 K_s}{\tilde{\Delta}},$$

$$\tilde{\Delta} = 1 - f - \frac{K_m}{K_s} + f \frac{K_s}{K_f},$$

где  $\mu$  – модуль сдвига скелета;  $K_m$ ,  $K_s$ ,  $K_f$  –



модули всестороннего сжатия скелета, твердой фазы и жидкости соответственно.

Уравнения движения имеют вид

$$\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + F_i^s = -\omega^2 (\rho_B u_i + \rho_f w_i),$$

$$-\frac{\partial P}{\partial x_i} + F_i^f = -\omega^2 \rho_f u_i - i\omega Y(\omega) w_i,$$

где  $\rho_B = f\rho_f + (1-f)\rho_s$ ;  $\rho_f, \rho_s$  – плотности жидкости и твердой фазы соответственно;  $Y(\omega)$  – оператор Био;  $F_i^s, F_i^f$  – объемные внешние силы, действующие на скелет и флюид соответственно. Для оператора Био будем использовать следующее выражение:

$$Y(\omega) = \frac{\eta}{k_0} \left[ \left( 1 - i \frac{\omega}{\omega_b} \frac{M_b}{2} \right)^{1/2} - i \frac{\omega}{\omega_b} \right],$$

где  $\omega_b = \frac{f}{\alpha_\infty k_0 \rho_f} \eta$  – критическая частота Био;

$M_b = 1-2$  (зависит от формы пор);  $\alpha_\infty = 1-8$  – извилистость пор,  $\eta$  – динамическая вязкость жидкости,  $k_0$  – проницаемость среды в стационарном поле ( $\omega \rightarrow 0$ ).

После нахождения вектора  $\mathbf{W}$  из задачи пороупругости решается электрокинетическая задача. Пренебрегая обратным воздействием электрического поля на механическое движение (низкочастотное приближение), плотность стороннего тока находится из соотношения

$$\mathbf{j}^{ex} = \gamma(\omega) \mathbf{w}, \quad (3)$$

где  $\gamma(\omega) = -i\omega L(\omega) Y(\omega)$ ;

$$L(\omega) = L_0 \left( 1 - i \frac{\omega}{\omega_b} \frac{2}{M_b} \right)^{-1/2},$$

$L_0 = -\frac{f \varepsilon_f \zeta}{\alpha_\infty \eta}$ ,  $\varepsilon_f$  – диэлектрическая проницаемость флюида;  $\zeta$  – дзета-потенциал.

На последнем этапе решается электродинамическая задача для уравнений Максвелла

$$\text{rot } \mathbf{H} = \check{\sigma} \mathbf{E} + \mathbf{j}^{ex}, \quad (4)$$

$$\text{rot } \mathbf{E} = i\omega \mu_0 \mathbf{H}, \quad (5)$$

где  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  – напряженности электрического и магнитного поля;  $\check{\sigma} = \sigma - i\omega \varepsilon$ ;  $\sigma$  – проводимость;  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость. Среда предполагается немагнитными:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

## 2. Расчет упругого поля сейсмoeлектрического эффекта

Пусть в круговой цилиндрической системе координат плоскости  $z = H_1 = 0$ ,  $z = H_j$ , ( $H_j > 0$ ,  $j = 2, 3, \dots, n$ ,  $H_p > H_l$  при  $p > l$ ) разделяют среду Био на  $n+1$  статистически однородных слоя с параметрами  $\alpha_k, M_k, \lambda_{ck}, \mu_k, \rho_{fk}, \rho_{Bk}, Y_k(\omega), \gamma_k(\omega), \check{\sigma}_k$ , причем

$$k = \begin{cases} 1, & z < H_1, \\ 2, & H_1 \leq z < H_2, \\ 3, & H_2 \leq z < H_3, \\ \dots & \\ n+1, & z \geq H_n, \end{cases}$$

и будем называть слои при  $k = 1$  – верхним полупространством (слой 1),  $k = 2$  – слоем 2,  $k = 3$  – слоем 3 и т. д., а слой при  $k = n+1$  – нижним полупространством. Введем также обозначения  $h_j = H_j - H_{j-1}$ ,  $j = 2, 3, \dots, n$  для мощностей 2, 3, ..., n слоев ( $h_1 = \infty, h_{n+1} = \infty$ ). Предположим, что на одной из поверхностей  $z = H_m$ ,  $m = 1, 2, \dots, n$  расположен гармонический источник радиальных механических колебаний

$$\mathbf{F}^s = \mathbf{e}_\rho F \delta(\rho - a) \delta(z - H_m),$$

где  $F$  имеет размерность Н/м. Будем считать, что  $\mathbf{F}^f \equiv 0$ .

При таком возбуждении упругих колебаний задача о сейсмoeлектрическом поле осесимметрическая, и в каждом слое искомые величины не зависят от координаты  $\varphi$ , а отличными от нуля являются компоненты  $u_\rho, u_z, w_\rho, w_z$ .

На влагонепроницаемых поверхностях раздела  $z = H_j, j = 1, 2, \dots, n$  справедливы условия сопряжения

$$u_z^{(j+1)}|_{z=H_j+0} = u_z^{(j)}|_{z=H_j-0},$$

$$u_\rho^{(j+1)}|_{z=H_j+0} = u_\rho^{(j)}|_{z=H_j-0},$$

$$w_z^{(j+1)}|_{z=H_j+0} = w_z^{(j)}|_{z=H_j-0},$$

$$\tau_{zz}^{(j+1)}|_{z=H_j+0} = \tau_{zz}^{(j)}|_{z=H_j-0},$$

$$P^{(j+1)}|_{z=H_j+0} = P^{(j)}|_{z=H_j-0},$$

$$\tau_{\rho z}^{(j+1)}|_{z=H_j+0} - \tau_{\rho z}^{(j)}|_{z=H_j-0} = -\delta_{jm} F \delta(\rho - a).$$

Кроме того, координаты векторов смещения твердой и жидкой фаз, а также координаты тензора напряжений и давление исчезают на бесконечности.



Выберем в качестве искоемых величин  $u_z, u_p, w_z, P, \tau_{zz}, \tau_{pz}$  и рассмотрим для них преобразования Ханкеля:

$$\begin{aligned} u_p &= \int_0^\infty \bar{u}_p \xi J_1(\xi \rho) d\xi, \\ \tau_{pz} &= \int_0^\infty \bar{\tau}_{pz} \xi J_1(\xi \rho) d\xi, \\ u_z &= \int_0^\infty \bar{u}_z \xi J_0(\xi \rho) d\xi, \\ w_z &= \int_0^\infty \bar{w}_z \xi J_0(\xi \rho) d\xi, \\ P &= \int_0^\infty \bar{P} \xi J_0(\xi \rho) d\xi, \\ \tau_{zz} &= \int_0^\infty \bar{\tau}_{zz} \xi J_0(\xi \rho) d\xi. \end{aligned}$$

Вводя вектор-столбец

$$\mathbf{X}^{(k)} = \left\| \begin{matrix} x_1^{(k)} & x_2^{(k)} & x_3^{(k)} & x_4^{(k)} & x_5^{(k)} & x_6^{(k)} \end{matrix} \right\|^T,$$

где  $x_1^{(k)} = \bar{u}_z^{(k)}, x_2^{(k)} = \bar{w}_z^{(k)}, x_3^{(k)} = \bar{\tau}_{pz}^{(k)},$

$$x_4^{(k)} = \bar{\tau}_{zz}^{(k)}, x_5^{(k)} = \bar{u}_p^{(k)}, x_6^{(k)} = \bar{P}^{(k)},$$

в каждом слое  $k$  получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами

$$\frac{d\mathbf{X}^{(k)}}{dz} = \mathbf{B}^{(k)} \mathbf{X}^{(k)}, \quad (6)$$

где  $\mathbf{B}^{(k)} = \left\| \begin{matrix} \mathbf{0} & \mathbf{b}_2^{(k)} \\ \mathbf{b}_1^{(k)} & \mathbf{0} \end{matrix} \right\|$ ;  $\mathbf{0}$  – нулевая матрица

третьего порядка;

$$\mathbf{b}_1^{(k)} = \left\| \begin{matrix} b_1^{(k)} & b_2^{(k)} & b_3^{(k)} \\ -b_3^{(k)} & 0 & b_4^{(k)} \\ -b_2^{(k)} & b_5^{(k)} & 0 \end{matrix} \right\|;$$

$$\mathbf{b}_2^{(k)} = \left\| \begin{matrix} b_6^{(k)} & b_7^{(k)} & b_8^{(k)} \\ -b_8^{(k)} & b_9^{(k)} & b_{10}^{(k)} \\ -b_7^{(k)} & b_{11}^{(k)} & b_9^{(k)} \end{matrix} \right\|;$$

$$b_1^{(k)} = -\omega^2 \rho_{B_k}, b_2^{(k)} = -\omega^2 \rho_{f_k}, b_3^{(k)} = -\xi,$$

$$b_4^{(k)} = 1 / \mu_k, b_5^{(k)} = i\omega Y_k,$$

$$b_6^{(k)} = 1 / \Delta_k, b_7^{(k)} = \xi(2\mu_k - \Delta_k) / \Delta_k,$$

$$b_8^{(k)} = \alpha_k / \Delta_k,$$

$$b_9^{(k)} = -\xi \left( \frac{i\omega \rho_{f_k}}{Y_k} + \frac{2\alpha_k \mu_k}{\Delta_k} \right),$$

$$b_{10}^{(k)} = \frac{i\xi^2}{\omega Y_k} - \frac{\Delta_k + \alpha_k^2 M_k}{M_k \Delta_k},$$

$$b_{11}^{(k)} = \frac{4\mu_k \xi^2 (\Delta_k - \mu_k)}{\Delta_k} - \omega^2 \rho_{B_k} - \frac{i\omega^3 \rho_{f_k}^2}{Y_k},$$

$$\Delta_k = 2\mu_k + \lambda_{c_k} - \alpha_k^2 M_k,$$

Заметим, что

$$\Delta_k = \frac{4}{3} \mu_k + K_{m_k} = \rho_{s_k} v_{p_k}^2 \neq 0,$$

где  $v_{p_k}$  – скорость продольных упругих волн в скелете.

Матрица Био  $\mathbf{B}^{(k)}$  имеет шесть собственных значений  $\bar{\lambda}_1^{(k)} = \lambda_1^{(k)}, \bar{\lambda}_2^{(k)} = -\lambda_1^{(k)}, \bar{\lambda}_3^{(k)} = \lambda_2^{(k)}, \bar{\lambda}_4^{(k)} = -\lambda_2^{(k)}, \bar{\lambda}_5^{(k)} = \lambda_3^{(k)}, \bar{\lambda}_6^{(k)} = -\lambda_3^{(k)}$ , у которых действительные части  $\lambda_1^{(k)} = \sqrt{y_1^{(k)}}, \lambda_2^{(k)} = \sqrt{y_2^{(k)}}, \lambda_3^{(k)} = \sqrt{y_3^{(k)}}$  положительны и величины  $y_1^{(k)}, y_2^{(k)}, y_3^{(k)}$  определяются выражениями

$$y_1^{(k)} = \xi^2 - \frac{\Delta_k}{\mu_k} a_k,$$

$$y_{2,3}^{(k)} = -\frac{1}{2} (a_k + b_k + c_k) \pm d_k,$$

где

$$a_k = \frac{\omega^2 \rho_{B_k}}{\Delta_k} + \frac{i\omega^3 \rho_{f_k}^2}{\Delta_k Y_k},$$

$$b_k = \frac{i\omega Y_k \alpha_k^2}{\Delta_k} - 2 \frac{\omega^2 \rho_{f_k} \alpha_k}{\Delta_k} - \frac{i\omega^3 \rho_{f_k}^2}{\Delta_k Y_k},$$

$$c_k = \frac{i\omega Y_k}{M_k},$$

$$d_k = \sqrt{\left[ \xi^2 - \frac{1}{2} (a_k - b_k - c_k) \right]^2 + a_k b_k},$$

$\text{Re } d_k > 0.$

Таким образом, для решения задачи пороупругости требуется найти решение системы (6): координаты вектора  $\mathbf{X}^{(k)}(z)$  непрерывны на всех влагопроницаемых поверхностях раздела, кроме поверхности  $z = H_m$ , на которой

$$x_3^{(m+1)}(H_m + 0) = x_3^{(m)}(H_m - 0) - FaJ_1(\xi a).$$

Кроме того,  $\mathbf{X}^{(1)}(z) \rightarrow 0$  при  $z \rightarrow -\infty$  и  $\mathbf{X}^{(n+1)}(z) \rightarrow 0$  при  $z \rightarrow \infty$ .

Предположим теперь, что на поверхности раздела  $z = H_{k-1} + 0$  известно искоемое  $\mathbf{X}^{(k)}$  системы уравнений (6), т. е. задано  $\mathbf{X}^{(k)}(H_{k-1} + 0)$ . Тогда решение  $\mathbf{X}^{(k)}$  задачи Коши в слое  $k$  можно записать в виде

$$\mathbf{X}^{(k)}(z) = e^{\mathbf{B}^{(k)}(z-H_{k-1})} \mathbf{X}^{(k)}(H_{k-1} + 0),$$



где  $e^{\mathbf{B}^{(k)}(z-H_{k-1})}$  – передаточная матрица 6-го порядка.

Матрица  $\mathbf{B}^{(k)}$  имеет различные собственные значения  $\bar{\lambda}_j^{(k)}, j = 1, 2, \dots, 6$ , и по теореме Сильвестра

$$e^{\mathbf{B}^{(k)}(z-H_{k-1})} = \sum_{i=1}^6 e^{\bar{\lambda}_i^{(k)}(z-H_{k-1})} \mathbf{D}_i^{(k)},$$

где  $\mathbf{D}_i^{(k)} = \frac{\prod_{j \neq i} (\mathbf{B}^{(k)} - \bar{\lambda}_j^{(k)} \mathbf{1})}{\prod_{j \neq i} (\bar{\lambda}_i^{(k)} - \bar{\lambda}_j^{(k)})}$ .

Если известно поле  $\mathbf{X}^{(1)}(0)$ , то с помощью передаточных матриц  $e^{\mathbf{B}^{(k)}(z-H_{k-1})}$  можно найти поле в любом слое среды, в частности в слое  $(n+1)$  решение уравнения (6) можно записать в виде

$$\mathbf{X}^{(n+1)}(z) = e^{\mathbf{B}^{(n+1)}(z-H_n)} [\mathbf{B}_2^n \mathbf{X}^{(1)}(0) + \mathbf{B}_{m+1}^n \mathbf{F}],$$

где  $\mathbf{B}_p^q = \prod_{j=q}^p e^{\mathbf{B}^{(j)} h_j}, p \leq q;$

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -FaJ_1(\xi a) & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T.$$

Продолжая поле  $\mathbf{X}$  с поверхности  $z=0$  в нижнее и верхнее полупространства и учитывая убывание поля на бесконечности, получаем систему алгебраических уравнений относительно компонент поля на поверхности  $z=0$ :

1. При  $2 \leq m \leq n-1$  –

$$\mathbf{W}^{(1)} \mathbf{X}^{(1)}(0) = 0,$$

$$\mathbf{W}^{(n+1)} \mathbf{B}_2^n \mathbf{X}^{(1)}(0) = -\mathbf{W}^{(n+1)} \mathbf{B}_{m+1}^n \mathbf{F},$$

где

$$\mathbf{W}^{(1)} = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{2,1}^{(1)} & \mathbf{S}_{4,1}^{(1)} & \mathbf{S}_{6,1}^{(1)} \end{bmatrix}^T,$$

$$\mathbf{W}^{(n+1)} = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{1,1}^{(n+1)} & \mathbf{S}_{3,1}^{(n+1)} & \mathbf{S}_{5,1}^{(n+1)} \end{bmatrix}^T,$$

$\mathbf{S}_{i,j}^{(k)}$  –  $j$ -я строка матрицы  $\mathbf{D}_i^{(k)}$ .

2. При  $m=n$  –

$$\mathbf{W}^{(1)} \mathbf{X}^{(1)}(0) = 0,$$

$$\mathbf{W}^{(n+1)} \mathbf{B}_2^n \mathbf{X}^{(1)}(0) = -\mathbf{W}^{(n+1)} \mathbf{F}.$$

3. При  $m=1$  –

$$\mathbf{W}^{(1)} \mathbf{X}^{(1)}(0-0) = 0,$$

$$\mathbf{W}^{(n+1)} \mathbf{B}_2^n \mathbf{X}^{(1)}(0-0) = -\mathbf{W}^{(n+1)} \mathbf{B}_2^n \mathbf{F}. \quad (7)$$

Таким образом, в матричном методе решения задачи Био вначале определяются  $\mathbf{X}^{(k)}(H_k), k = 1, 2, \dots, n+1$  (значения векторов  $\mathbf{X}^{(k)}(z)$  на поверхностях раздела  $H_k$ ), кроме поверхности  $H_m$ , на которой находится  $\mathbf{X}^{(m+1)}(H_m+0)$ . Если  $m=1$ , то находится еще  $\mathbf{X}^{(1)}(0-0)$ . После чего  $\mathbf{X}^{(k)}(z)$  определяются по формулам

$$\mathbf{X}^{(1)}(z) = e^{\mathbf{B}^{(1)}z} \mathbf{X}^{(1)}(0),$$

$$\mathbf{X}^{(l)}(z) = e^{\mathbf{B}^{(l)}(z-H_{l-1})} \mathbf{X}^{(l-1)}(H_{l-1}),$$

при  $l=2, 3, \dots, n+1$ , за исключением значения  $l=m+1$ , для которого

$$\mathbf{X}^{(m+1)}(z) = e^{\mathbf{B}^{(m+1)}(z-H_m)} \mathbf{X}^{(m+1)}(H_m+0),$$

$$l=2, 3, \dots, n+1,$$

а если  $m=1$ , то

$$\mathbf{X}^{(1)}(z) = e^{\mathbf{B}^{(1)}z} \mathbf{X}^{(1)}(0-0). \quad (8)$$

### 3. Расчет электромагнитного поля сейсмoeлектрического эффекта

Электрокинетический ток определяется в каждом слое  $k, k = 1, 2, \dots, n+1$  горизонтально-слоистой среды по формуле  $\mathbf{j}_k^{ex} = \gamma_k(\omega) \mathbf{w}^{(k)}$ , а поскольку  $\mathbf{w}^{(k)} = \begin{bmatrix} w_\rho^{(k)} & w_z^{(k)} \end{bmatrix}^T$  и относительная скорость флюида не зависит от азимутальной координаты  $\varphi$ , то и возбуждаемое электрокинетическим током электромагнитное поле не зависит от этой координаты. Ток  $\mathbf{j}_k^{ex} = \begin{bmatrix} j_\rho^{ex(k)} & j_z^{ex(k)} \end{bmatrix}^T$  играет роль стороннего тока и в силу азимутальной симметрии возбуждает в пространстве компоненту  $H_\varphi^{(k)}$  напряженности магнитного поля и компоненты  $E_\rho^{(k)}, E_z^{(k)}$  напряженности электрического поля.

Представим компоненты электромагнитного поля и электрокинетического тока в виде преобразований Ханкеля:

$$\begin{aligned} H_\varphi^{(k)} &= \int_0^\infty h_\varphi^{(k)} \xi J_1(\xi \rho) d\xi, \\ E_\rho^{(k)} &= \int_0^\infty e_\rho^{(k)} \xi J_1(\xi \rho) d\xi, \\ E_z^{(k)} &= \int_0^\infty e_z^{(k)} \xi J_0(\xi \rho) d\xi, \\ j_\rho^{ex(k)} &= \int_0^\infty j_\rho^{(k)} \xi J_1(\xi \rho) d\xi, \\ j_z^{ex(k)} &= \int_0^\infty j_z^{(k)} \xi J_0(\xi \rho) d\xi. \end{aligned}$$





Тогда из (4), (5) получаем систему уравнений для вектора-столбца

$$\mathbf{Z}^{(k)} = \left\| Z_1^{(k)} \quad Z_2^{(k)} \right\|^T = \left\| h_\phi^{(k)} \quad e_\rho^{(k)} \right\|^T, \\ k = 1, 2, \dots, n+1:$$

$$\frac{d\mathbf{Z}^{(k)}}{dz} = \mathbf{A}_{em}^{(k)} \mathbf{Z}^{(k)} + \mathbf{F}_{em}^{(k)}, \quad (9)$$

где  $\mathbf{F}_{em}^{(k)}(z) = \left\| F_{em1}^{(k)} \quad F_{em2}^{(k)} \right\|^T$ ,  $F_{em1}^{(k)} = -j_\rho^{(k)}$ ,

$$F_{em2}^{(k)} = \frac{\xi}{\bar{\sigma}_k} j_z^{(k)}, \text{ а матрица коэффициентов } \mathbf{A}_{em}^{(k)}$$

системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка имеет вид

$$\mathbf{A}_{em}^{(k)} = \left\| \begin{array}{cc} 0 & -\bar{\sigma}_k \\ -\frac{\xi^2}{\bar{\sigma}_k} + i\omega\mu_0 & 0 \end{array} \right\|.$$

Собственными значениями матрицы  $\mathbf{A}_{em}^{(k)}$  являются  $\zeta_1^{(k)} = \zeta_k$ ,  $\zeta_2^{(k)} = -\zeta_k$ , где  $\zeta_k = \sqrt{\xi^2 - i\omega\mu_0\bar{\sigma}_k}$ ,  $\text{Re}\zeta_k > 0$ .

После определения вектора  $\mathbf{w}^{(k)}$  в соответствии с формулой (3) можно записать следующие выражения для элементов вектора-столбца  $\mathbf{F}_{em}^{(k)}(z)$ :

$$\mathbf{F}_{em}^{(1)} = \sum_{l=1,3,5} e^{\bar{\lambda}_l^{(1)} z} \mathbf{f}_l^{(1)},$$

$$\mathbf{F}_{em}^{(k)} = \sum_{l=1}^6 e^{\bar{\lambda}_l^{(k)}(z-H_{k-1})} \mathbf{f}_l^{(k)}, \quad k = 2, \dots, n,$$

$$\mathbf{F}_{em}^{(n+1)} = \sum_{l=2,4,6} e^{\bar{\lambda}_l^{(n+1)}(z-H_n)} \mathbf{f}_l^{(n+1)},$$

где  $\mathbf{f}_l^{(k)} = \left\| f_{jl}^{(k)} \right\|$ ,  $j = 1, 2, l = 1, 2, \dots, 6; k = 1, 2, \dots, n+1$ ;

$$f_{1l}^{(k)} = \frac{\gamma_k}{i\omega Y_k} (\xi b_{6l}^{(k)} + \omega^2 \rho_{fk} b_{5l}^{(k)}),$$

$$f_{2l}^{(k)} = \frac{\gamma_k \xi}{\bar{\sigma}_k} b_{2l}^{(k)}; \quad (10)$$

$b_{il}^{(k)}$  – элементы матриц  $\mathbf{b}_l^{(k)}$ , определяемых равенствами

$$\mathbf{b}_l^{(1)} = \mathbf{D}_l^{(1)} \mathbf{X}^{(1)}(0-0), \quad (11)$$

$\mathbf{b}_l^{(k)} = \mathbf{D}_l^{(k)} \mathbf{X}^{(k)}(H_{k-1} + 0)$  (для  $k = 2, 3, \dots, n$ ),

$$\mathbf{b}_l^{(n+1)} = \mathbf{D}_l^{(n+1)} \mathbf{X}^{(n+1)}(H_n + 0). \quad (12)$$

Функции  $Z_1^{(k)}, Z_2^{(k)}$  непрерывны на поверхностях раздела  $z = H_l$ ,  $l = 1, 2, \dots, n$ :

$$Z_1^{(l)}(H_l) = Z_1^{(l)}(H_{l+1}), \quad Z_2^{(l)}(H_l) = Z_2^{(l)}(H_{l+1}),$$

а на бесконечности при  $z \rightarrow \pm\infty$

$$Z_1^{(1)} \rightarrow 0, \quad Z_2^{(1)} \rightarrow 0. \quad (13)$$

$$Z_1^{(n+1)} \rightarrow 0, \quad Z_2^{(n+1)} \rightarrow 0. \quad (14)$$

Найдем решение в слое  $k$ . Пусть задан вектор-столбец  $\mathbf{Z}^{(k-1)}(H_{k-1})$ . Тогда  $\mathbf{Z}^{(k)}(z)$  является решением системы (9) и подчиняется условию

$$\mathbf{Z}^{(k)}(H_{k-1}) = \mathbf{Z}^{(k-1)}(H_{k-1}). \quad (15)$$

Решением задачи (9), (15) будет

$$\mathbf{Z}^{(k)}(z) = e^{\mathbf{A}_{em}^{(k)}(z-H_{k-1})} \mathbf{Z}^{(k-1)}(H_{k-1}) + \mathbf{Z}_p^{(k)}(z), \quad (16)$$

где

$$e^{\mathbf{A}_{em}^{(k)}(z-H_{k-1})} = \sum_{l=1}^2 e^{\zeta_l^{(k)}(z-H_{k-1})} \mathbf{G}_l^{(k)},$$

$$\mathbf{G}_1^{(k)} = \left\| \begin{array}{cc} \frac{1}{2} & -\frac{\bar{\sigma}_k}{2\zeta_k} \\ \frac{\zeta_k}{2\bar{\sigma}_k} & \frac{1}{2} \end{array} \right\|, \quad \mathbf{G}_2^{(k)} = \left\| \begin{array}{cc} \frac{1}{2} & \frac{\bar{\sigma}_k}{2\zeta_k} \\ \frac{\zeta_k}{2\bar{\sigma}_k} & \frac{1}{2} \end{array} \right\|,$$

$\mathbf{Z}_p^{(k)}(z) = \left\| Z_{p1}^{(k)} \quad Z_{p2}^{(k)} \right\|^T$  – решение уравнения (9),

удовлетворяющее условию

$$\mathbf{Z}_p^{(k)}(H_{k-1}) = 0.$$

Решение  $\mathbf{Z}_p^{(k)}(z)$  может быть найдено, например, методом вариации произвольных постоянных и иметь вид

$$\mathbf{Z}_p^{(k)}(z) = e^{\zeta_k(z-H_{k-1})} \tilde{\mathbf{g}}_1^{(k)} + e^{-\zeta_k(z-H_{k-1})} \tilde{\mathbf{g}}_2^{(k)} + \\ + \sum_{l=1}^6 e^{\bar{\lambda}_l^{(k)}(z-H_{k-1})} \hat{\mathbf{g}}_l^{(k)}, \quad (17)$$

где  $\tilde{\mathbf{g}}_1^{(k)} = \left\| \tilde{g}_{11}^{(k)} \quad \tilde{g}_{21}^{(k)} \right\|$ ,  $\tilde{\mathbf{g}}_2^{(k)} = \left\| \tilde{g}_{12}^{(k)} \quad \tilde{g}_{22}^{(k)} \right\|$ ,

$$\hat{\mathbf{g}}_l^{(k)} = \left\| \hat{g}_{1l}^{(k)} \quad \hat{g}_{2l}^{(k)} \right\|, \quad l = 1, 2, \dots, 6;$$

$$\tilde{g}_{11}^{(k)} = -\frac{1}{2\zeta_k} \sum_{l=1}^6 \frac{\zeta_k f_{1l}^{(k)} - \bar{\sigma}_k f_{2l}^{(k)}}{\bar{\lambda}_l^{(k)} - \zeta_k},$$

$$\tilde{g}_{12}^{(k)} = -\frac{1}{2\zeta_k} \sum_{l=1}^6 \frac{\zeta_k f_{1l}^{(k)} + \bar{\sigma}_k f_{2l}^{(k)}}{\bar{\lambda}_l^{(k)} + \zeta_k},$$

$$\tilde{g}_{21}^{(k)} = -\frac{\zeta_k}{\bar{\sigma}_k} \tilde{g}_{11}^{(k)}, \quad \tilde{g}_{22}^{(k)} = \frac{\zeta_k}{\bar{\sigma}_k} \tilde{g}_{12}^{(k)},$$

$$\hat{g}_{1l}^{(k)} = \frac{\bar{\lambda}_l^{(k)} f_{1l}^{(k)} - \bar{\sigma}_k f_{2l}^{(k)}}{\bar{\lambda}_l^{(k)2} - \zeta_k^2},$$

$$\hat{g}_{2l}^{(k)} = \frac{\bar{\lambda}_l^{(k)} \bar{\sigma}_k f_{2l}^{(k)} - \zeta_k^2 f_{1l}^{(k)}}{\bar{\sigma}_k (\bar{\lambda}_l^{(k)2} - \zeta_k^2)}, \quad k = 2, 3, \dots, n.$$

При  $k = 1$  выражение (17) примет вид

$$\mathbf{Z}_p^{(1)}(z) = e^{\zeta_1 z} \tilde{\mathbf{g}}_1^{(1)} + e^{-\zeta_1 z} \tilde{\mathbf{g}}_2^{(1)} + \sum_{l=1,3,5} e^{\bar{\lambda}_l^{(1)} z} \hat{\mathbf{g}}_l^{(1)}, \quad (18)$$



где

$$\tilde{g}_{11}^{(1)} = -\frac{1}{2\zeta_1} \sum_{l=1,3,5} \frac{\zeta_1 f_{1l}^{(1)} - \check{\sigma}_1 f_{2l}^{(1)}}{\bar{\lambda}_l^{(1)} - \zeta_1},$$

$$\tilde{g}_{12}^{(1)} = -\frac{1}{2\zeta_1} \sum_{l=1,3,5} \frac{\zeta_1 f_{1l}^{(1)} + \check{\sigma}_1 f_{2l}^{(1)}}{\bar{\lambda}_l^{(1)} + \zeta_1},$$

а при  $k = n + 1$  –

$$\mathbf{Z}_p^{(n+1)}(z) = e^{\zeta_{n+1}(z-H_n)} \tilde{\mathbf{g}}_1^{(k)} + e^{-\zeta_{n+1}(z-H_n)} \tilde{\mathbf{g}}_2^{(k)} + \sum_{l=2,4,6} e^{\bar{\lambda}_l^{(n+1)}(z-H_n)} \hat{\mathbf{g}}_l^{(k)}, \quad (19)$$

где

$$\tilde{g}_{11}^{(n+1)} = -\frac{1}{2\zeta_{n+1}} \sum_{l=2,4,6} \frac{\zeta_{n+1} f_{1l}^{(n+1)} - \check{\sigma}_{n+1} f_{2l}^{(n+1)}}{\bar{\lambda}_l^{(n+1)} - \zeta_{n+1}},$$

$$\tilde{g}_{12}^{(n+1)} = -\frac{1}{2\zeta_{n+1}} \sum_{l=2,4,6} \frac{\zeta_{n+1} f_{1l}^{(n+1)} + \check{\sigma}_{n+1} f_{2l}^{(n+1)}}{\bar{\lambda}_l^{(n+1)} + \zeta_{n+1}}.$$

Решение (16) позволяет продолжить электромагнитное поле с границы любого слоя в любой слой. Выполним, например, продолжение поля с поверхности  $z = H_1$ .

В слое 1 –

$$\mathbf{Z}^{(1)}(z) = e^{A_{em}^{(1)}z} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{Z}_p^{(1)}(z), \quad (20)$$

в слое 2 –

$$\mathbf{Z}^{(2)}(z) = e^{A_{em}^{(2)}(z-H_1)} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{Z}_p^{(2)}(z),$$

$$\mathbf{Z}^{(2)}(H_2) = \mathbf{A}_2^2 \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{Z}_p^{(2)}(H_2),$$

в слое 3 –

$$\mathbf{Z}^{(3)}(z) = e^{A_{em}^{(3)}(z-H_2)} [\mathbf{A}_2^2 \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{F}_p^{(2)}] + \mathbf{Z}_p^{(3)}(z),$$

$$\mathbf{Z}^{(3)}(H_3) = \mathbf{A}_2^3 \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{F}_p^{(3)},$$

где введены матрицы

$$\mathbf{A}_i^j = \prod_{l=j}^i e^{A_{em}^{(l)} h_l},$$

$$\mathbf{F}_p^{(j)} = \begin{cases} \sum_{l=3}^j \mathbf{A}_i^l \mathbf{Z}_p^{(l-1)}(H_{l-1}) + \mathbf{Z}_p^{(j)}(H_j), & j \geq 3, \\ \mathbf{Z}_p^{(j)}(H_j), & j < 3 \end{cases}$$

Продолжая этот процесс, получаем следующие выражения в слое  $k = 2, 3, \dots, n + 1$ :

$$\mathbf{Z}^{(k)}(z) = e^{A_{em}^{(k)}(z-H_{k-1})} \mathbf{Z}^{(k-1)}(H_{k-1}) + \mathbf{Z}_p^{(k)}(z) = e^{A_{em}^{(k)}(z-H_{k-1})} [\mathbf{A}_2^{k-1} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{F}_p^{(k-1)}] + \mathbf{Z}_p^{(k)}(z),$$

$$\mathbf{Z}^{(k)}(H_k) = \mathbf{A}_2^k \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{F}_p^{(k)}. \quad (21)$$

В соответствии с этой формулой на поверхности  $z = H_n$  получаем

$$\mathbf{Z}^{(n)}(H_n) = \mathbf{A}_2^n \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{F}_p^{(n)},$$

а в слое  $n + 1$

$$\mathbf{Z}^{(n+1)}(z) = e^{A_{em}^{(n+1)}(z-H_n)} \mathbf{Z}^{(n)}(H_n) + \mathbf{Z}_p^{(n+1)}(z) = e^{A_{em}^{(n+1)}(z-H_n)} [\mathbf{A}_2^n \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{F}_p^{(n)}] + \mathbf{Z}_p^{(n+1)}(z). \quad (22)$$

Отсюда следует, что по известным значениям  $\mathbf{Z}^{(1)}(0)$  можно вычислить электромагнитное поле в любом слое.

Для нахождения  $\mathbf{Z}^{(1)}(0)$  запишем  $\mathbf{Z}^{(1)}(z)$ , применяя выражения (16), (18):

$$\mathbf{Z}^{(1)}(z) = e^{\zeta_1 z} \mathbf{G}_1^{(1)} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + e^{-\zeta_1 z} \mathbf{G}_2^{(1)} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \mathbf{Z}_p^{(1)}(z) = e^{z \zeta_1} \mathbf{G}_1^{(1)} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + e^{-z \zeta_1} \mathbf{G}_2^{(1)} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + e^{z \zeta_1} \tilde{\mathbf{g}}_1^{(1)} + e^{-z \zeta_1} \tilde{\mathbf{g}}_2^{(1)} + \sum_{l=1,3,5} e^{\bar{\lambda}_l^{(1)} z} \hat{\mathbf{g}}_l^{(1)}.$$

Для выполнения условия (14) необходимо, чтобы

$$\mathbf{G}_2^{(1)} \mathbf{Z}^{(1)}(0) + \tilde{\mathbf{g}}_2^{(1)} = \mathbf{0}.$$

Это влечет за собой два условия:

$$\frac{1}{2} \mathbf{Z}_1^{(1)}(0) + \frac{\check{\sigma}_1}{2\zeta_1} \mathbf{Z}_2^{(1)}(0) + \tilde{g}_{12}^{(1)} = 0,$$

$$\frac{\zeta_1}{2\check{\sigma}_1} \mathbf{Z}_1^{(1)}(0) + \frac{1}{2} \mathbf{Z}_2^{(1)}(0) + \tilde{g}_{22}^{(1)} = 0.$$

В силу условия  $\tilde{g}_{22}^{(1)} = \frac{\zeta_1}{\check{\sigma}_1} \tilde{g}_{12}^{(1)}$  одно из этих со-

отношений можно отбросить (например, второе) и записать

$$\frac{1}{2} \mathbf{Z}_1^{(1)}(0) + \frac{\check{\sigma}_1}{2\zeta_1} \mathbf{Z}_2^{(1)}(0) = -\tilde{g}_{12}^{(1)}. \quad (23)$$

Аналогично в слое  $n + 1$ , применяя (13), (19), (22), получаем

$$\frac{1}{2} \mathbf{Z}_1^{(n)}(H_n) - \frac{\check{\sigma}_{n+1}}{2\zeta_{n+1}} \mathbf{Z}_2^{(n)}(H_n) = -\tilde{g}_{11}^{(n+1)}$$

или

$$\left( \frac{1}{2} A_{211}^n - \frac{\check{\sigma}_{n+1}}{2\zeta_{n+1}} A_{221}^n \right) \mathbf{Z}_1^{(1)}(0) + \left( \frac{1}{2} A_{212}^n - \frac{\check{\sigma}_{n+1}}{2\zeta_{n+1}} A_{222}^n \right) \mathbf{Z}_2^{(1)}(0) = -\frac{1}{2} F_{p1}^{(n)} + \frac{\check{\sigma}_{n+1}}{2\zeta_{n+1}} F_{p2}^{(n)} - \tilde{g}_{11}^{(n+1)}. \quad (24)$$

После решения системы уравнений (23), (24) относительно  $\mathbf{Z}^{(1)}(0)$  определяются  $\mathbf{Z}^{(k)}(H_k)$ ,



$k = 2, 3, \dots, n$ , а затем по формулам (20), (21) – искомые  $\mathbf{Z}^{(k)}(z)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ .

#### 4. Аналитическое решение задачи о сейсмоэлектрическом эффекте для однородного пространства

При разработке на основе рассмотренных алгоритмов программы расчета упругих и электромагнитных полей сейсмоэлектрического эффекта второго рода необходимо наличие набора тестовых задач для отладки работы компьютерной программы. С этой целью может быть использовано аналитическое решение задачи о сейсмоэлектрическом эффекте второго рода при возбуждении в однородной среде механических колебаний точечным источником переменной силы.

Пусть все евклидово пространство  $R^3$  заполнено средой с параметрами слоя 1. Тогда из решения системы (7) с учетом (8), (11), (12) можно получить решение задачи Био для пространства в аналитическом виде

$$\begin{aligned} \mathbf{X}^{(1)}(z) &= e^{\lambda_1^{(1)}z} \mathbf{b}_1^{(1)} + e^{\lambda_2^{(1)}z} \mathbf{b}_3^{(1)} + e^{\lambda_3^{(1)}z} \mathbf{b}_5^{(1)}, \\ & z < 0, \\ \mathbf{X}^{(2)}(z) &= e^{-\lambda_1^{(1)}z} \mathbf{b}_2^{(2)} + e^{-\lambda_2^{(1)}z} \mathbf{b}_4^{(2)} + e^{-\lambda_3^{(1)}z} \mathbf{b}_6^{(2)}, \\ & z > 0. \end{aligned}$$

Аналитическое решение для электромагнитного поля сейсмоэлектрического эффекта второго рода в однородном пространстве, заполненном средой Био, имеет вид

$$\begin{aligned} \mathbf{Z}^{(1)}(z) &= e^{z_1 z} \sum_{l=1,3,5} \left\| -\hat{\mathbf{g}}_{1l}^{(1)} \quad \frac{\zeta_1}{\sigma_1} \hat{\mathbf{g}}_{1l}^{(1)} \right\|^T + \\ &+ \sum_{l=1,3,5} e^{\lambda_l^{(1)}z} \left\| \hat{\mathbf{g}}_{1l}^{(1)} \quad \hat{\mathbf{g}}_{2l}^{(1)} \right\|^T, \quad z < 0, \\ \mathbf{Z}^{(2)}(z) &= e^{-z_1 z} \sum_{l=1,3,5} \left\| \hat{\mathbf{g}}_{1l}^{(1)} \quad \frac{\zeta_1}{\sigma_1} \hat{\mathbf{g}}_{1l}^{(1)} \right\|^T + \end{aligned}$$

$$+ \sum_{l=1,3,5} e^{-\bar{\lambda}_l^{(1)}z} \left\| -\hat{\mathbf{g}}_{1l}^{(1)} \quad \hat{\mathbf{g}}_{2l}^{(1)} \right\|^T, \quad z > 0,$$

где

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{g}}_l^{(1)} &= \\ &= \left\| \frac{\bar{\lambda}_l^{(1)} f_{1l}^{(1)} - \sigma_1 f_{2l}^{(1)}}{\bar{\lambda}_l^{(1)2} - \zeta_1^2} \quad \frac{\bar{\lambda}_l^{(1)} \sigma_1 f_{2l}^{(1)} - \zeta_1^2 f_{1l}^{(1)}}{\sigma_1 (\bar{\lambda}_l^{(1)2} - \zeta_1^2)} \right\|^T, \\ & l = 1, 3, 5; \end{aligned}$$

$f_{1l}^{(1)}, f_{2l}^{(1)}$  – определяются равенствами (10).

#### Выводы

Предложенная математическая модель сейсмоэлектрического эффекта второго рода в горизонтально-слоистой среде Био может быть использована при разработке новых методов ГИС для интерпретации результатов измерений упругих и электромагнитных полей сейсмоэлектрического эффекта при зондировании околоскважинного пространства.

*Работа выполнена при финансовой поддержке компании Шлюмберже.*

#### Библиографический список

1. Светов Б. С., Губатенко В. П. Электромагнитное поле механо-электрического происхождения в пористых влагонасыщенных горных породах в 2 ч. Ч. 1. Постановка задачи // Физика Земли. 1999. № 10. С. 67–73.
2. Губатенко В. П., Светов Б. С., Московский И. Г. Электромагнитное поле механо-электрического происхождения в пористых влагонасыщенных горных породах : в 2 ч. Ч. 2. Расчеты в горизонтально-слоистых средах // Физика Земли. 2002. № 2. С. 34–50.
3. Biot M. A. Generalized theory of acoustic propagation in porous dissipative media // The J. of the Acoustical Society of America. 1962. Vol. 34, № 9. P. 1254–1264.
4. Schmitt D. P., Bouchon M., Bonnet G. Full-wave synthetic acoustic logs in radially semiinfinite saturated porous media // Geophysics. 1988. Vol. 53, № 6. P. 807–823.

#### Образец для цитирования:

Губатенко В. П., Московский И. Г. Матричный метод решения задачи о сейсмоэлектрическом эффекте второго рода в геологической среде Био // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 241–247. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-241-247.



УДК 550.36:553.98 (470.44)

## ПРОГНОЗ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ

М. П. Логинова, А. Т. Колотухин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: mp.loginova@mail.ru

В статье проанализированы современные геотермические условия основных нефтегазоносных комплексов, выявлены температурные и глубинные границы изменения фазового состояния залежей углеводородов, сделаны выводы о возможности раздельного прогноза залежей различных по составу флюидов на рассматриваемой территории.

**Ключевые слова:** геотермические условия, температурные и глубинные границы, фазовое состояние, раздельный прогноз.

### Forecast of the Phase State of Hydrocarbon Deposits in the South-East of the Volga-Ural Province

M. P. Loginova, A. T. Kolotukhin

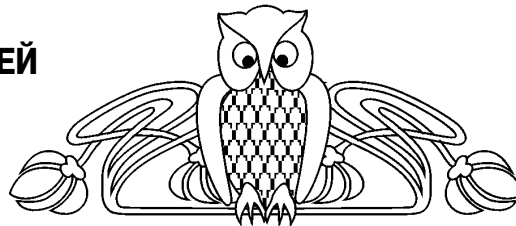
In article modern geothermal conditions of the main oil-and-gas complexes are analysed, temperature and deep borders of change of a phase condition of deposits of hydrocarbons are revealed, conclusions are drawn on a possibility of the separate forecast of deposits of fluids, various on structure, in the considered territory.

**Key words:** geothermal conditions, temperature and deep borders, phase state, separate forecast.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-248-252

Температурные условия оказывают существенное влияние на процессы нефтегазообразования и размещения залежей УВ различного физико-химического состава и фазового состояния. Работы, проведенные В. Ф. Ерофеевым, В. С. Лазаревым, В. Д. Наливкиным, С. Г. Неручевым, Л. А. Польштер, Ю. А. Висковским, В. И. Высоцким для различных регионов, подтвердили закономерность установленную К. К. Ландес в размещении залежей нефти и газа в вертикальном разрезе бассейнов в зависимости от температурных условий [1].

Зональность в размещении залежей нефти и газа в зависимости от геотемпературного режима прослеживается как в вертикальном разрезе, так и по площади развития продуктивных комплексов в нефтегазоносных бассейнах. Исследованиями, проведенными в различных нефтегазоносных бассейнах древних и молодых платформ (Урало-Поволжье, Днепровско-Донецкая впадина, Предкавказье и др.), установлено, что зоны преимущественного нефтенакпления и размещения залежей нефти приурочены к областям умеренных температур (40–100°C), нефтегазоконденсатных, газоконденсатных и газовых залежей – к областям повышенных температур (110–130° и более) [2–5].

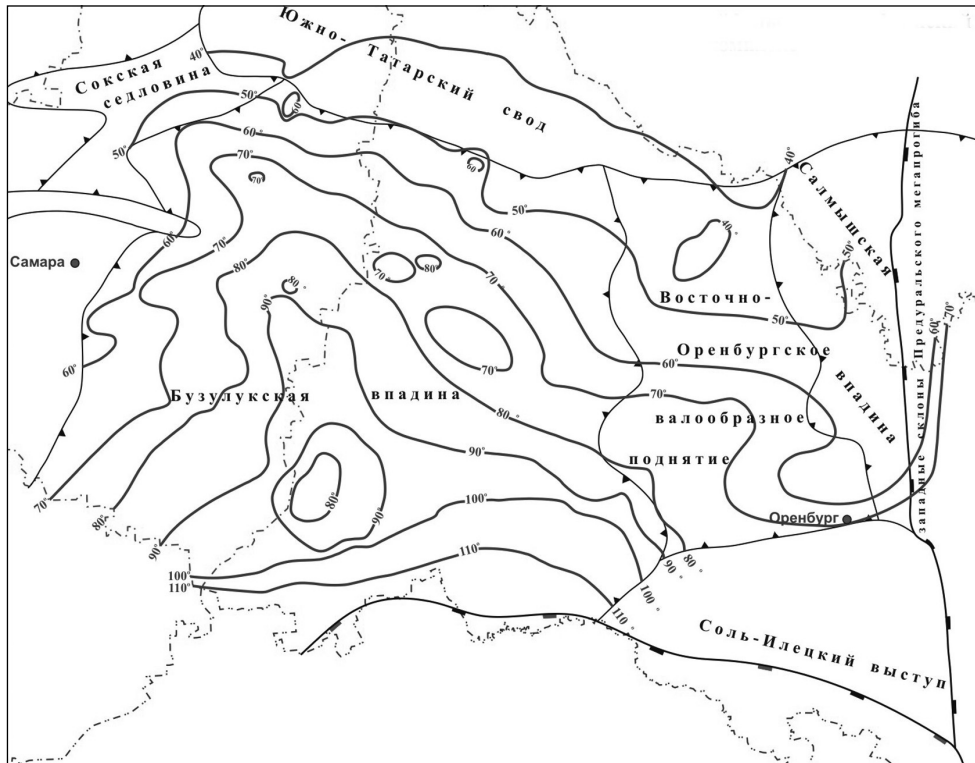


Приуроченность нефтяных залежей к областям пониженных, а газовых и газоконденсатных – повышенных температур была отмечена и для юго-востока Русской платформы [1].

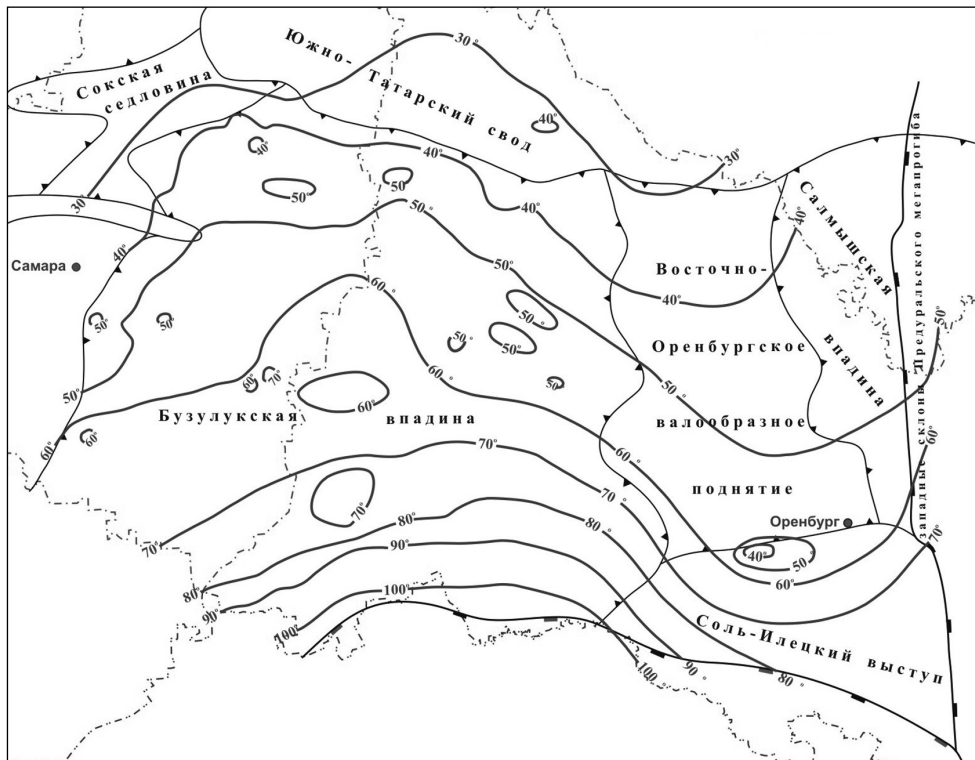
Исследуемая с целью прогноза фазового состояния залежей углеводородов территория юго-восточной части Волго-Уральской провинции включает Бузулукскую впадину, Восточно-Оренбургское валлообразное поднятие и Соль-Илецкий выступ.

Для выявления температурных и глубинных границ, на которых происходит смена фазового состояния залежей углеводородов как по площади, так и по вертикальному разрезу, изучались преимущественно терригенные по составу эйфельско-нижнефранский и визейский нефтегазоносные комплексы. Для них построены схематические карты геозотерм (рис. 1, а, б), отражающие современный геотермический режим недр, и графики зависимости фазового состояния залежей от температуры и глубины залегания комплексов (рис. 2, а, б). При построении карт и графиков использовались замеры пластовых температур, глубины залегания продуктивных отложений в обозначенных комплексах по 158 месторождениям. Средний геотермический градиент, используемый для построения карт геозотерм описываемых нефтегазоносных комплексов, составляет 2,5°/100 м.

Эйфельско-нижнефранский нефтегазоносный комплекс (см. рис. 1, а). Глубины залегания комплекса изменяются в широких пределах от 1800 до 5500 м и более. Более резко глубины увеличиваются с севера на юг и в меньшей степени – с запада на восток, при общем региональном наклоне на юго-восток. В пределах исследуемой территории температуры в кровле комплекса в региональном плане возрастают с севера на юг от южного склона Южно-Татарского свода в направлении бортовой зоны Прикаспийской впадины. Интервал изменения температур составляет от 40 до 110°C и более. С запада на восток температуры увеличиваются от 50 до 90°C. Минимальные значения температур отмечаются на севере Восточно-Оренбургского валлообразного поднятия и северо-западе Бузулукской впадины, максимальные – на юге Бузулукской впадины. На фоне общего возрастания температур с севера на юг и с запада на восток в пределах Бузулукской впадины и Восточно-Оренбургского сводового поднятия выявляются аномалийные участки пониженных и повышенных температур.



а



б



Рис. 1. Схематические карты геоизотерм эйфельско-нижнефранского (а) и визейского (б) нефтегазоносных комплексов: 1 – границы крупнейших тектонических элементов; 2 – границы крупных тектонических элементов; 3 – а) административная граница; б) государственная граница; 4 – геоизотермы, °С

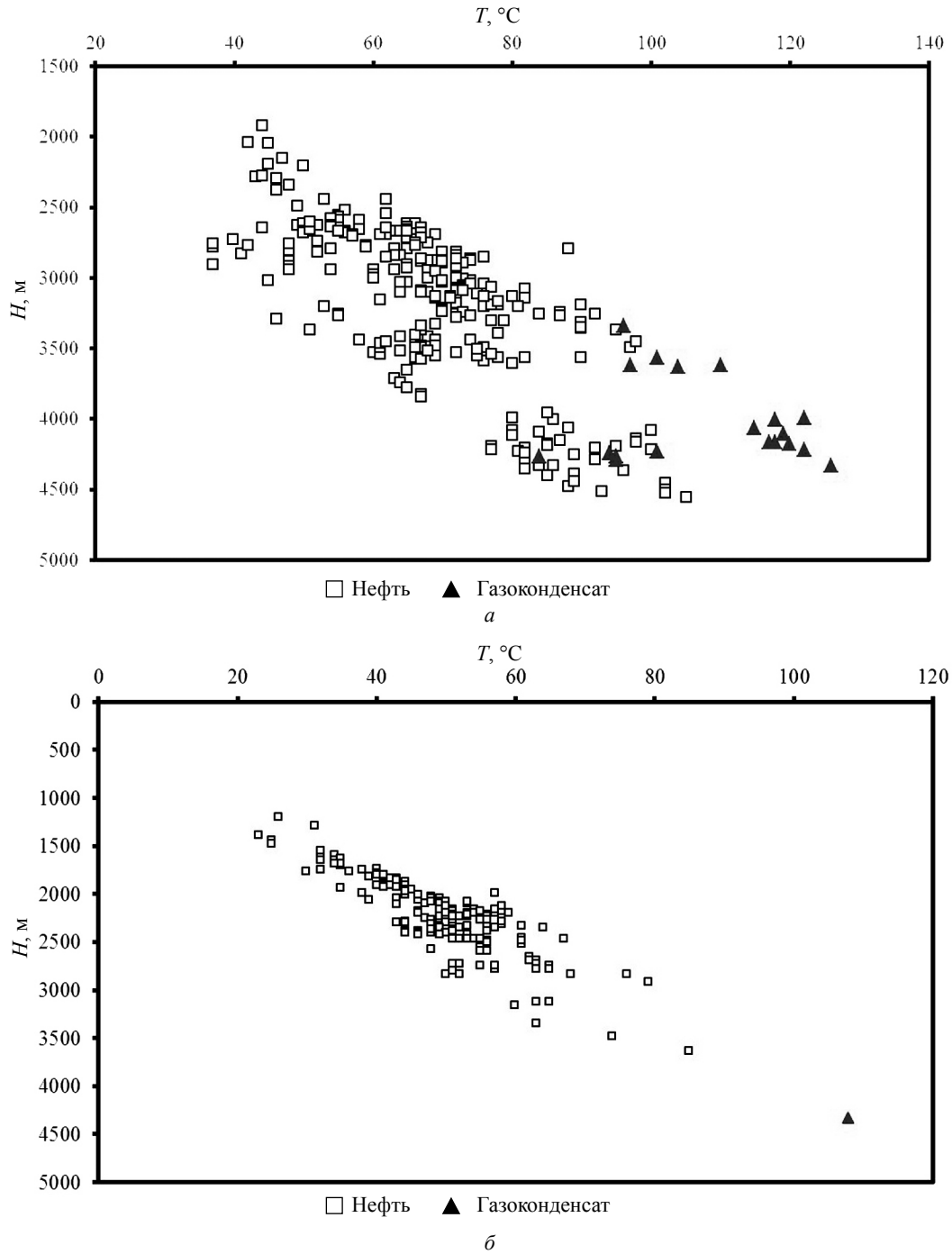


Рис. 2. Графики зависимости состава флюида от температуры и глубины: *a* – эйфельско-нижнефранской комплекс; *б* – визейский нефтегазоносный комплекс

Низкотемпературные аномалии отмечаются в центральной части Бузулукской впадины в районе Никифоровского, Воробьевского, Пронькинского, а также Могутовского и Воронцовского месторождений. В южной части впадины выделяется низкотемпературный участок, включающий территорию Грачевского, Сахаровского, Гаршинского, Конновского, Росташинского, Давыдовского, Зайкинского и Восточно-Зайкинского месторождений. В северной части Восточно-Оренбургского

валообразного поднятия низкотемпературный участок выделен в районе Родниковского, Нетьевского и Николаевского месторождений.

Схематическая карта геоизотерм эйфельско-нижнефранского нефтегазоносного комплекса отражает сложный характер распределения современных температур в кровле комплекса. В центральной части Бузулукской впадины изотермы с повышенными значениями заливообразно вытянуты в северо-западном направлении, в то



время как в южной части впадины они ориентированы субширотно. Такое их расположение, вероятно, является отражением сложного блокового строения, обусловленного соответствующей ориентировкой разрывных нарушений в фундаменте и терригенном комплексе девона в пределах Бузулукской впадины. Менее сложной и более субширотной ориентировкой геоизотерм характеризуется Восточно-Оренбургское валлообразное поднятие, в пределах которого происходит их смещение в южном направлении, отражая более низкие температурные условия в кровле комплекса по сравнению с теми же широтами в пределах Бузулукской впадины.

Зоны пониженных температур на юге, центральной части Бузулукской впадины обусловлены влиянием соленосных толщ кунгурского и казанского возраста, на Восточно-Оренбургском поднятии – весьма развитой в геологическом строении этой территории солянокупольной тектоникой.

Визейский нефтегазоносный комплекс (см. рис. 1, б). Глубины залегания комплекса изменяются от 1200 до 4500 м и более, при той же направленности изменения глубин, что и в вышеописанном комплексе. Температуры комплекса на изучаемой территории изменяются с севера на юг от 22–24°C на южном окончании Южно-Татарского свода (Матросовское, Тат-Кандызское месторождения) до 80–108°C и более, соответственно на юге Соль-Илецкого выступа и Бузулукской впадины (Долинное месторождение). С запада на восток температуры возрастают от 40 до 70°C.

На фоне выявленной закономерности увеличения температур с севера на юг и юго-восток выделяются также участки аномально повышенных и пониженных температур.

Низкотемпературные участки, выявленные в южной, центральной и восточной частях Бузулукской впадины в эйфельско-нижнефранском комплексе, находят отражение и в визейском комплексе. Так, в центральной части Бузулукской впадины низкотемпературный участок включает Южно-Спиридоновское, Коммунарское, Тананькское, Долговское, Курманаевское, Бобровское месторождения; на востоке такой участок включает Покровское, Пронькинское, Баклановское, Родинское, Руслановское месторождения, а также локальный участок на юге впадины, объединяющий Гаршинское, Широкодольское, Росташинское месторождения.

В пределах Восточно-Оренбургского валлообразного поднятия происходит равномерное увеличение температур в южном направлении, которое прослеживается и в границах Соль-Илецкого выступа. При этом на фоне возрастающих температур в северной части Соль-Илецкого выступа выделяется также низкотемпературный участок.

Распределение геоизотерм на схематической карте визейского нефтегазоносного комплекса

имеет более простые очертания и носит субширотный характер. Выявленные участки относительно повышенных и пониженных температур укладываются в общую закономерность увеличения температур в южном направлении и отражают особенности геологического строения локальных участков в пределах описываемой территории. На Восточно-Оренбургском валлообразном поднятии сохраняется смещение геоизотерм в южном направлении, как и на карте эйфельско-нижнефранского комплекса. Выявленные зоны и участки повышенных и пониженных температур связаны с проявлением внутрипластовой вертикальной миграции, развитием солей и соляной тектоники.

Сравнивая между собой температурный режим эйфельско-нижнефранского и визейского комплексов, следует отметить, что эйфельско-нижнефранский комплекс в пределах южной части Бузулукской впадины и заливообразного участка в ее центральной части характеризуется более повышенным температурным режимом (90–110°C). В визейском комплексе температурная зона (90–100°C) развита лишь в узкой полосе на крайнем юге Бузулукской впадины. Обширная зона повышенных температур и локальные участки аномальных температур в пределах Бузулукской впадины и Восточно-Оренбургского валлообразного поднятия более четко выражены в эйфельско-нижнефранском комплексе. В визейском комплексе они в основном также находят отражение, но становятся более сглаженными и уменьшаются в размерах.

Описанный геотермический режим эйфельско-нижнефранского и визейского комплексов позволяет проследить изменение фазового состояния залежей углеводородов, выявленных в этих комплексах, по площади их развития.

Так, залежи нефти, выявленные в эйфельско-нижнефранском комплексе в пределах исследуемой территории, находятся в основном в температурном диапазоне от 40 до 90°C. Газоконденсатные и нефтегазоконденсатные залежи характеризуются температурами более 90°C (Перелюбское, Разумовское, Зап. Вишневское, Куцебовское, Долинное и другие месторождения).

Крупной низкотемпературной аномалии на юге Бузулукской впадины соответствуют Грачевское, Сахаровское, Гаршинское, Конновское, Росташинское, Давыдовское и В. Зайкинское нефтяные месторождения. В то время как расположенные рядом (Зоринское, Зайкинское и др.) месторождения за пределами аномалии, между геоизотермами 90 и 110°C являются нефтегазоконденсатными. Иными словами, температурную границу 90°C можно расценивать как нижнюю границу переходной зоны изменения фазового состояния и состава залежей в эйфельско-нижнефранском комплексе.

Нефтяные залежи в визейском комплексе выявлены в основном в температурном диапазоне от 30 до 90°C. Газоконденсатные залежи – лишь



в узкой зоне сочленения Бузулукской и Прикаспийской впадин за пределами изотермы 100°C (Долинное месторождение). По сравнению с эйфельско-нижнефранским комплексом зона размещения нефтегазоконденсатных и газоконденсатных залежей является более узкой по площади развития комплекса.

Построенные графики (см. рис. 2, а, б) отражают характер изменения фазового состава залежей в зависимости от температур и глубин залегания.

Так, на рис. 2, а, характеризующем состав залежей в эйфельско-нижнефранском комплексе, температурная граница (90°C) появления в разрезе нефтегазоконденсатных и газоконденсатных залежей соответствует глубине 3500 м. Ниже этой глубинной границы также размещаются и нефтяные залежи, но, как показывает рис. 2, а, как правило, при более низких температурах. Температурный интервал 90–110°C является переходной зоной в изменении состава залежей. Температуры более 110°C Сопределяют газоконденсатный состав залежей. Основная же часть нефтяных залежей приходится на температурный интервал от 40 до 90°C.

На графике, характеризующем состав залежей в визейском комплексе (рис. 2, б) граница возможного размещения нефтегазоконденсатных и газоконденсатных залежей проходит также на глубине 3500 м при температурном режиме более 90°C. Для более низких температур и меньших глубин характерны в основном нефтяные залежи.

Таким образом, с учетом выявленных температурных и глубинных границ для описанных эйфельско-нижнефранского и визейского комплексов можно проводить отдельный прогноз фазового состояния залежей углеводородов. Температурный интервал 90–110°C является переходной зоной, в которой возможно размещение нефтяных, нефтегазоконденсатных и газоконденсатных залежей. В латеральном плане это обширный участок юга Бузулукской впадины, частично захватывающий и центральную ее часть. Для температур более 110°C характерно

развитие преимущественно газоконденсатных залежей. По площади развития комплексов это соответствует крайнему югу Бузулукской впадины (зоне сочленения с Прикаспийской синеклизой). Глубины размещения нефтегазоконденсатных и газоконденсатных залежей более 3500 м. Остальные участки развития комплексов в пределах Бузулукской впадины, Восточно-Оренбургского валообразного поднятия и Соль-Илецкого выступа с температурным режимом и глубинными условиями залегания характерны для размещения нефтяных залежей.

Указанные особенности в размещении залежей углеводородов позволяют более обоснованно прогнозировать их фазовое состояние в эйфельско-нижнефранском и визейском нефтегазоносных комплексах на любом участке изучаемой территории. Это находит подтверждение в открытиях последних лет. Так, на юге Бузулукской впадины открыты Зареченско-Сладковское, Северо-Елтышевское и другие месторождения, где в отложениях среднего девона и нижнего карбона установлены газовые и газоконденсатные залежи в соответствии с установленными глубинными границами и современными температурами.

#### Библиографический список

1. Барс Е. А., Зайдельсон М. И. Гидрогеологические условия формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений Волго-Уральской области. М. : Недра, 1973. 279 с.
2. Зорькин Л. М., Суббота М. И., Стадник Е. В. Нефтегазопроисковая гидрогеология. М. : Недра, 1982. 216 с.
3. Осадчий В. Г., Лурье А. И., Ерофеев В. Ф. Геотермические критерии нефтегазоносности недр. Киев : Наук. думка, 1976. 143 с.
4. Панченко А. С. Раздельное прогнозирование залежей газа и нефти. М. : Недра, 1985. 199 с.
5. Хаджикулиев Я. А. Гидрогеологические закономерности формирования и размещения скоплений газа и нефти. М. : Недра, 1976. 335 с.

#### Образец для цитирования:

Логинова М. П., Колотухин А. Т. Прогноз фазового состояния залежей углеводородов на юго-востоке Волго-Уральской провинции // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 248–252. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-248-252.





УДК 563.45 (116.3)

## ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *CAMEROSPONGIA* (PORIFERA, HEXACTINELLIDA) ИЗ СЕНОМАНА ПОВОЛЖЬЯ

Е. М. Первушов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского  
E-mail: pervushovem@mail.ru

В терригенных породах сеномана (меловатская свита) южной части правобережного Поволжья установлен наиболее ранний комплекс меловых губок. Заметный элемент комплекса – впервые установленные в регионе мелкорослые *Camerospongia*, образывавшие и монотипные поселения.

**Ключевые слова:** губки, гексактинеллиды, *Camerospongia*, поздний мел, сеноман, пионерские формы.

### Representatives of the Genus *Camerospongia* (Porifera, Hexactinellida) from the Cenomanian in the Volga Region

Е. М. Pervushov

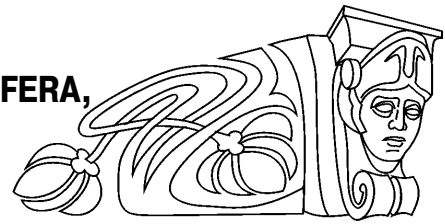
The earliest assemblage of Cretaceous sponges has been found in the Cenomanian terrigenous rocks (the Melovatka suite) from the south of the Volga right bank region. A noticeable element of the assemblage is composed of small-sized *Camerospongia*, newly recognized in the region and peculiar for forming monotype colonies as well.

**Key words:** sponges, hexactinellida, *Camerospongia*, Late Calcareous, Cenomanian, pioneering forms.

DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-253-258

Одним из результатов многолетних тематических исследований разрезов сеноманских пород правобережного Поволжья являются обширные сборы фоссилей: моллюсков и брахиопод, акулковых и костистых рыб, химер и морских рептилий. Неожиданными и многочисленными оказались находки кремниевых губок, изначально установленные в разрезах стратотипического района меловатской свиты. На основе корреляции уровней распространения губок в местонахождениях «Красный Яр-1» и «Меловатка-6; -7 и -9» [1], анализа тафономии их захоронений выделены два биостратиграфических подразделения. Первый, нижний уровень – это слои с губками демоспонгиями, второй, выше расположенный уровень, – это слои с губками гексактинеллидами. Предполагается, что скопления губок приурочены к верхним интервалам среднего сеномана (средне-меловатской подсвиты).

Губки найдены во многих разрезах пород сеноманского яруса на правобережье Поволжья, но основные местонахождения расположены на территории Волгоградской и южной части Саратовской области (рис. 1). Данные по распределению местонахождений и составу ориктокомплексов позволили предположить, что в сеноманское время на рассматриваемой территории существовала субширотная



зональность в расселении бентосных форм, в том числе и губок. На территории современной Волгоградской области, южнее широты г. Жирновска, губки спорадически образовывали значительные поселения, сохранившиеся в виде более или менее насыщенных их скелетами горизонтов. Севернее этой условной линии известны единичные находки спонгий из двух-трех местонахождений.

Основными факторами, предопределившими существование подобной зональности, считаем структурный план территории в сеноманское время и температурный режим морской среды. На достоверность предполагаемой зональности влияет стратиграфическая полнота разрезов пород сеномана и фациальная неоднородность обстановок синхронного осадконакопления.

Сеноманский спонгиокомплекс правобережного Поволжья отличается от одновозрастных сообществ юга и юго-запада Центрально-русской и запада Центрально-европейской провинции. Первое отличие прослеживается на таксономическом уровне, за счет преобладания здесь представителей отряда *Lychniscosa*, тогда как в районах, расположенных юго-западнее, заметно больше представителей *Hexactinosa*. Второе отличие поволжских форм обусловлено очень небольшими размерами их скелетов. Сравнение значений параметров скелета близкородственных сеноманских форм (*Plocoscyphia*, *Guettardiscyphia*), известных из разрезов юго-востока Украинской синеклизы и Англо-парижского бассейна, показывает, что они в два – три раза больше по размерам, чем поволжские губки. Исключением могут считаться некоторые представители *Etheridgea*, отличающиеся относительно крупными скелетами.

В составе сеноманского спонгиокомплекса Поволжья многочисленны мелкие *Plocoscyphia*, которые доминируют в составе «губковых» ориктокомплексов, единичные их скелеты встречаются совместно с остатками других беспозвоночных. Помимо *Plocoscyphia* гексактинеллиды представлены *Ventriculitidae*, *Etheridgea*, *Camerospongia* (*Lychniscosa*) и *Guettardiscyphia*, *Balantionella*, *Paracircularia* и *Eurete* (*Hexactinosa*).

Первые единичные находки *Camerospongia* не вызвали интереса. Сохранность этих скелетов плохая, обычно это фрагментированные и окатанные фоссилы. Небольшие размеры форм и выполнение скелетов фосфатно-терригенным цементом не позволяли изучить хотя бы приблизительно строение их нижней части. Массовые сборы губок из местонахождений, расположенных в бассейне рек Иловля и Медведица («Чухонастовка», «Ме-

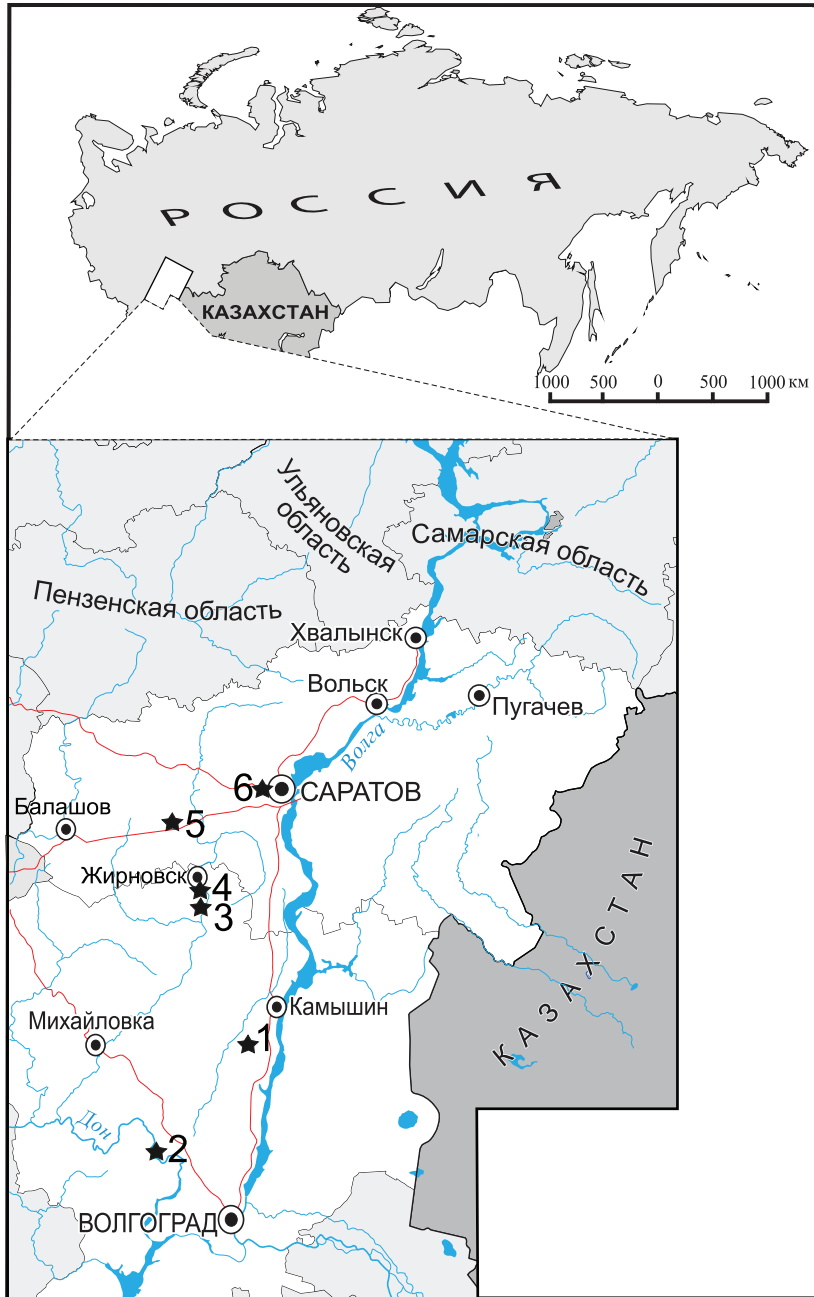


Рис. 1. Обзорная схема расположения местонахождений сеноманских губок на территории правобережного Поволжья: звездочкой обозначены местонахождения (★): 1 – с. Чухонастовка; 2 – х. Мелоклетский; 3 – р. п. Красный Яр; 4 – с. Меловатка; 5 – п. Первомайское; 6 – г. Саратов.

локлетский» и др.), дали возможность представить первое описание форм *Camerospongia* для территории Поволжья.

Род *Camerospongia* d'Orbigny, 1849

**Типовой вид** – *Scyphia fungiformis* Goldfuss, 1831, h. 218.

**Диагноз.** Конические, волчкообразные и суб-дисковидные скелеты, габитус которых во многом определяется соотношением очертаний верхней и нижней части скелета. Верхняя половина губки

выпуклая, с пологим или крутым положением гладкой или едва бугристой поверхности, обычно в центральной части расположен округлый вторичный оскулюм. Диаметр оскулюма составляет треть или четвертую часть, редко пятую, от диаметра верхней части скелета, измеренной по нижней поверхности верхнего края (рис. 2). Верхняя часть скелета перекрыта кортикальной гладкой мембраной, что является отличительной чертой некоторых камероспонгиид. Нижняя линия верхнего края ровная или полого волнистая. Го-

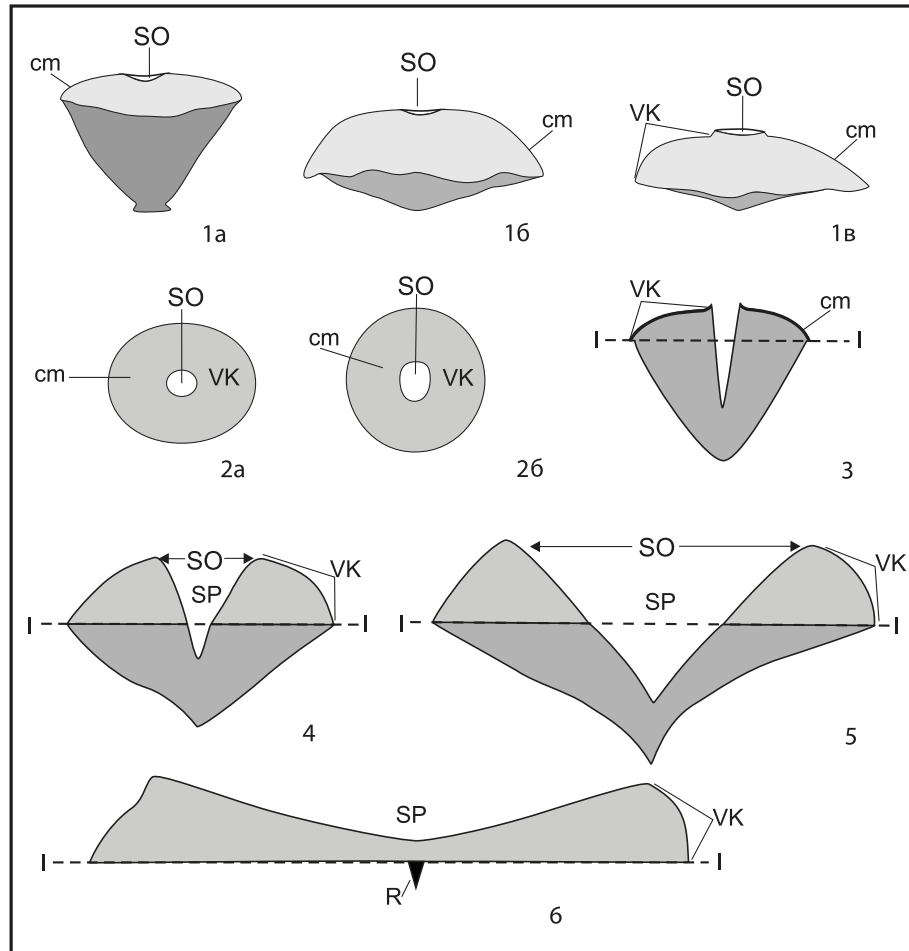


Рис. 2. Особенности строения скелета *Camerospongia ilovlensis*, sp. nov.:

фиг. 1. Соотношение морфологии верхней и нижней части скелета: 1а – конусовидный габитус при субплоской поверхности кортикальной мембраны; 1б – воронкообразный габитус, образованный за счет относительно равной высоты верхней и нижней частей; 1в – дисковидный облик, сформированный при доминировании верхней пологой части скелета. Вид сбоку; фиг. 2. Очертания вторичного оскулюма в зависимости от строения верхней части скелета, которые определены по контурам нижней поверхности кортикальной мембраны: 2а – круглый оскулюмы в центре округлого скелета; 2б – овальный оскулюм в центральной части субовального скелета. Вид сверху; фиг. 3. Соотношение верхней и нижней части скелета при его продольном сечении; фиг. 4–6. Примеры соотношений верхней и нижней частей скелета в строении губок семейства Coeloptychiidae: 4 – *Myrmecioptychium tenuicostatus* (Leonard, 1872); 5 – *M. procerus* Perv., 2002; 6 – *M. sinzovi* Perv., 2002. Продольное сечение скелета.

Условные обозначения: SO – вторичный оскулюм; SP – вторичная парагастральная полость; R – одиночный ризоид; VK – поверхность верхнего края; cm – кортикальная мембрана; I – I – условная линия нижней поверхности верхнего края

горизонтальное или наклонное положение нижней линии верхнего края связывается с горизонтальным или наклонным положением поверхности субстрата [2]. Нижняя часть губки состоит из многих меандрирующих, дихотомирующих и анастомозирующих ветвей, которые поднимаются от ее основания. Ветви плотно расположены, интерлабиринтовое пространство узкое, лабиринтовые отверстия небольшие, щелевидные. При субгоризонтальном положении ветвей на их нижней поверхности выделяются небольшие ризоидные выросты, образующие концентрические и радиальные ряды в основании скелета. Очертания

нижней половины скелета также различны – от широкого и пологого, едва заметного конуса, до высокого перевернутого конуса или трапеции. Расположение ветвей в верхней части скелета под кортикальной мембраной слабо изучено. Скелетообразующая стенка тонкая, без явных остий и каналов. В зависимости от биотопа в основании скелета формировались стержень с удлинненными ризоидами либо система коротких шиповидных выростов – оснований ризоидных спикул, либо одиночный короткий центральный ризоид. Спиккулярная решетка слабо дифференцирована, характерна для представителей *Lychniscosa*.



**Сравнение.** От считающихся близкородственными форм *Etheridgea* и *Tremabolites* отличаются как внешне, так и по организации. У *Etheridgea* поверхность верхнего края пронизана многими округлыми отверстиями лабиринтового пространства, участками внешней среды внутри губки, и у них вторичный оскулом разных очертаний. *Tremabolites* – транзиторные колониальные формы, на нижней поверхности меандрирующих ветвей обособлены субоскулюмы, а над поверхностью кортикальной мембраны раскрывается много округлых оскулюмов [3].

**Видовой состав.** К представителям рода относят более десятка видов: *Camerospongia fungiforme* (Goldfuss, 1831); *C. subrotonda* (Mantell, 1822); *C. capitata* (T. Smith, 1848); *C. muricata* (T. Smith, 1848); *C. neocomiensis* Lagneau-Herenger, 1947; *C. asymetrica* Lagneau-Herenger, 1962; *C. elongate* Lagneau-Herenger, 1962; *C. visentinae* Frisone et Pisera, 2016; *C. tuberculata* Frisone et Pisera, 2016 и др. Некоторые формы, судя по описаниям и приведенным изображениям, характеризуются наличием субоскулюмов, что, на наш взгляд, не свойственно представителям рода.

**Замечания.** С точки зрения модульной организации представители рода рассматриваются автором как настоящие колонии, так же как и *Etheridgea*. Скелет губок сложен ветвями, внутри которых расположена парагастральная полость, раскрывающаяся в центральную вторичную парагастральную полость, которую венчает вторичный оскулом (см. рис. 2). Незавершенность представлений о уровнях организации ископаемых гексактинеллид, отсутствие общепринятого терминологического аппарата при рассмотрении морфологических элементов скелета затрудняют как описательную характеристику представляемых форм, так и ее восприятие исследователями. До настоящего времени практически нет монографических работ по отдельным семействам гексактинеллид, тем более по сложнопостроенным близкородственным *Camerospongia*, *Etheridgea*, *Plocoscyphia*, *Tremabolites* и *Becksia*. Это провоцирует разночтение в понимании таксономического положения групп, их состава и структуры.

**Распространение.** Юра – мел Европы, эоцен северной Италии [2, 4]. В России известны со среднего сеномана по кампан, многочисленны и относительно разнообразны крупные сантонские формы.

***Camerospongia ilovlensis*, sp. nov.**

Фототаблица, фиг. 1–6; рис. 2, фиг. 1–3.

**Название вида** образовано от латинизированного названия реки Иловля, к бассейну которой приурочены некоторые местонахождения губок.

**Голотип.** Экз. СГУ № 122/6851. Верхний мел, средний сеноман. Волгоградская область, с. Чухонастовка.

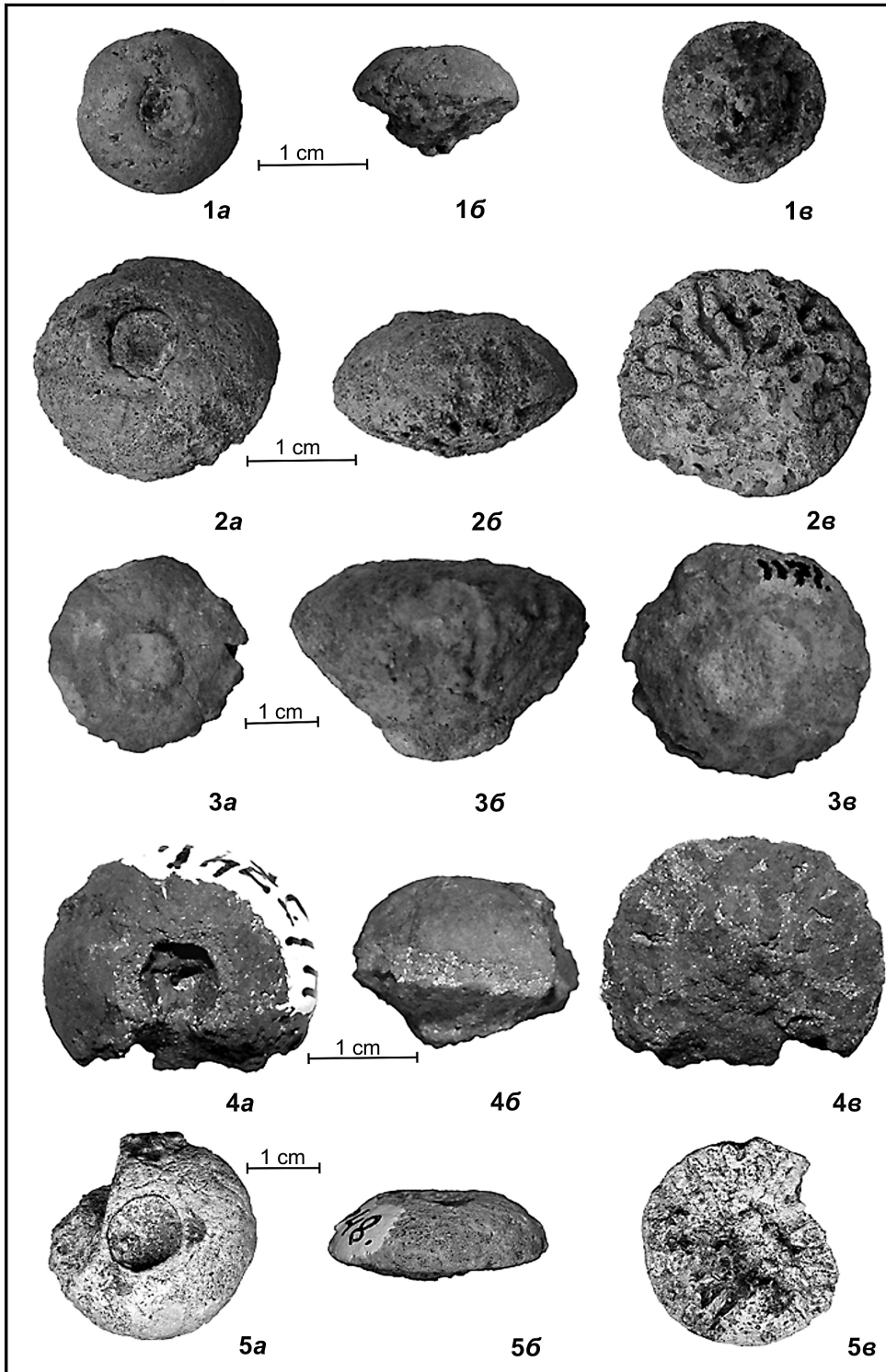
**Описание.** Небольшой дисковидный, округлый в плане скелет, в строении которого отчетливо выделяются верхняя и нижняя часть. Верхняя часть гладкая, в различной степени выпуклая, с отчетливым центральным вторичным оскулюмом. Диаметр скелета по нижней линии верхнего края 15–24 / 16–25 мм. Диаметр вторично оскулюма 4–7 мм, реже достигает 8–9 мм. Высота скелета 10–16 мм, высота его верхней части варьирует в пределах 6–12 мм. У небольших форм контуры вторичного оскулюма подчеркнуты узким валиком. Нижняя часть скелета – сложное сочетание тонких и коротких трубчатых ветвей диаметром до 1 мм, дихотомирующих в верхней части и соединяющихся между собой поперечными перемычками. Ширина щелей интерлабиринтового пространства между ветвями сопоставима с шириной последних или чуть меньше.

**Сравнение.** Среди известных видов отличается очень небольшими значениями параметров элементов скелета. Не известен стержень, занимающий переходное положение между бокалом и ризоидами, отличающийся значительной высотой у западноевропейских форм.

**Замечания.** Небольшие значения параметров скелета не позволяют детально рассмотреть и определить значимость морфологического разнообразия скелетов, установленного при описании большого количества форм. Изученные скелеты различаются очертаниями как верхней, так и нижней части скелета. Различны соотношения высоты и диаметра верхней и нижней части скелета (см. рис. 2, фиг. 1–3). Различия в морфологии скелета *C. ilovlensis* могут быть связаны с фазами онтогенеза представителей вида или обусловлены условиями биотопа. Предполагается, что в данном случае представлено сборное описание группы видов, которые отличаются очертаниями и соотношениями элементов скелета, что известно на примере *Coeloptychiidae* (рис. 2, фиг. 4–6). Возможно, с этими «морфотипами» связывается появление в коньякское–сантонское время обособленных видов.

Сеноманские формы юго-востока Центрально-русской провинции отличаются мелкорослостью, диаметр самых маленьких скелетов составляет 5 мм, а диаметр вторичного оскулюма 2 мм. Эти значения в два – три, и даже в пять раз меньше значений аналогичных параметров скелета сантонских представителей рода, известных на территории Поволжья. Но в составе сантонского спонгиокомплекса *Camerospongia* менее заметны в количестве и видовом отношении. Размеры, особенности площадного распространения сеноманских *Camerospongia*, как и других представителей этого спонгиокомплекса, могут быть объяснены вселением губок во вновь открывающиеся районы моря в составе пионерских сообществ.

**Изоморфизм.** Небольшие размеры скелетов и не всегда хорошая сохранность их нижней части долгое время не позволяли установить систематическое положение рассматриваемых форм.



**Фототаблица**

Фиг. 1. *Camerospongia ilovlensis* sp. nov. Голотип. Экз. СГУ № 122/6851: 1а – вид сверху, 1б – вид сбоку, 1в – вид снизу. Волгоградская обл., с. Чухонастовка. Средний сеноман. Фиг. 2. *Camerospongia ilovlensis* sp. nov. Экз. СГУ № 122/6852: 2а – вид сверху, 2б – вид сбоку, 2в – вид снизу. Волгоградская обл., с. Чухонастовка. Средний сеноман. Фиг. 3. *Camerospongia ilovlensis* sp. nov. Экз. СГУ № 121/1171: 3а – вид сверху, 3б – вид сбоку, 3в – вид снизу. Волгоградская обл., х. Мелоклетский. Средний сеноман. Фиг. 4. *Camerospongia ilovlensis* sp. nov. Экз. СГУ № 122/3741: 4а – вид сверху, 4б – вид сбоку, 4в – вид снизу. Волгоградская обл., р.п. Красный Яр. Средний сеноман. Фиг. 5. *Camerospongia ilovlensis* sp. nov. Экз. СГУ № 122/5048: 5а – вид сверху, 5б – вид сбоку, 5в – вид снизу. Волгоградская обл., с. Чухонастовка. Сеноман



Внешняя, верхняя часть скелетов *Camerospongia* сходна по строению с губками *Coeloptychium*, от которых они отличаются отсутствием субоскулюмов и оскулярной мембраны на щелевидном оскулюме.

**Сохранность.** Фоссилии в разной степени фосфатизированы, выполнены фосфатно-карбонатным цементом с обилием зерен кварца алевритовой и псаммитовой размерности. Спиккулярная решетка обычно растворена. Многие формы разрушены, так или иначе окатаны, многократно перемывались из осадка первичного захоронения. Несколько переотложенных фоссилий извлечены из подошвы песчанистых мергелей среднего турона, залегающих на алевритах среднего сеномана.

**Материал и распространение.** Более тридцати экземпляров из песков и алевритов среднего сеномана Волгоградской (х. Мелоклетский, с. Чухонастовка, с. Меловатка, р. п. Красный Яр) и Саратовской (г. Саратов, п. Первомайский) областей. В работе использованы массовые сборы фоссилий В. А. Лопырева из местонахождения «Мелоклетский».

Мы признательны коллегам Е. В. Попову, В. Б. Сельцеру и Е. О. Котелевскому за предоставленные образцы и выполненные фотографии. Автор искренне благодарен В. А. Лопыреву за переданную для изучения коллекцию фоссилий

из местонахождения «Мелоклетский» и их фотографии.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части госзадания (государственная регистрация № 1140304447, код проекта 1582).*

#### Библиографический список

1. Первушов Е. М., Иванов А. В., Гужиков А. Ю., Гришинов А. Н. Результаты комплексного изучения альбских – сеноманских отложений в разрезах Меловатка-6 и Красный Яр-1 (Волгоградская область) // Тр. / НИИ геологии СГУ. Нов. сер. 1999. Т. 1. С. 65–78.
2. Lagneau-Herenger L. Contribution a l'etude des Spongiaires siliceux du Cretace inferieur // Mem. Soc. Geol. France. 1962. Т. 41, № 95. Р. 1–247.
3. Первушов Е. М. Позднемеловые скелетные гексактинеллиды России. Морфология и уровни организации. Семейство Ventriculitidae (Phillips, 1875), partim; семейство Coeloptychiidae Goldfuss, 1833 – (Lychniscosa); семейство Leptophragmidae (Goldfuss, 1833) – (Hexactinosa). Саратов : Науч. книга, 2002. 274 с.
4. Frisone V., Pisera A., Preto N. A highly diverse siliceous sponge fauna (Porifera : Hexactinellida, Demospongiae) from the Eocene of north-eastern Italy: systematics and palaeoecology // J. of Systematic Palaeontology. 2016. S. 1–54. URL: <http://www.tandfonline.com/loi/tjsp20>.

---

#### Образец для цитирования:

Первушов Е. М. Представители рода *Camerospongia* (Porifera, Hexactinellida) из сеномана Поволжья // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 253–258. DOI: 10.18500/1819-7663-2016-16-4-253-258.

---



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Волкова Елена Николаевна**, заведующая кафедрой геофизики геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: volkovaen@info.sgu.ru

**Гончаренко Ольга Павловна**, заведующая кафедрой петрологии и прикладной геологии геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук. E-mail: GoncharenkoOP@mail.ru

**Губатенко Валерий Петрович**, профессор кафедры геофизики геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор физико-математических наук. E-mail: gubatenkovp@gmail.com

**Демакина Ирина Ивановна**, научный сотрудник лаборатории агрометеорологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства (НИИСХ) Юго-Востока» (Саратов), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**Иванова Галина Федоровна**, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: vlgalol@mail.ru

**Каргашин Павел Евгеньевич**, доцент кафедры картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, кандидат географических наук. E-mail: p.e.kargashin@mail.ru

**Каргашина Мария Алексеевна**, ведущий инженер кафедры картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, кандидат географических наук. E-mail: m.kargashina@mail.ru

**Колотухин Анатолий Трофимович**, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: mp.loginova@mail.ru.

**Лапина Серафима Николаевна**, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

**Левицкая Нина Григорьевна**, заведующая лабораторией агрометеорологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства (НИИСХ) Юго-Востока» (Саратов), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: levickie@rol.ru

**Логинава Марина Павловна**, доцент кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат геолого-минералогических наук. E-mail: mp.loginova@mail.ru

**Морозова Светлана Владимировна**, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

**Московский Георгий Александрович**, профессор кафедры петрологии и прикладной геологии геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук. E-mail: MoskovskyGA@info.sgu.ru

**Московский Игорь Георгиевич**, доцент кафедры прикладной математики и системного анализа Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю. А, кандидат физико-математических наук. E-mail: mosig@mail.ru

**Первушов Евгений Михайлович**, заведующий кафедрой исторической геологии и палеонтологии геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, доктор геолого-минералогических наук, профессор. E-mail: pervushovem@mail.ru

**Преображенский Юрий Владимирович**, ассистент кафедры экономической и социальной географии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского, кандидат географических наук. E-mail: topofag@yandex.ru

**Рябуха Анна Геннадьевна**, ученый секретарь Института степи Уральского отделения Российской академии наук (Оренбург), кандидат географических наук. E-mail: annaryabukha@yandex.ru

**Савинова Татьяна Николаевна**, научный сотрудник лаборатории биогеографии и мониторинга биоразнообразия Института степи Уральского отделения Российской академии наук (Оренбург), кандидат исторических наук. E-mail: anaitat2009@yandex.ru

**Чибилёв Александр Александрович, мл.**, заведующий лабораторией экономической географии Института степи Уральского отделения Российской академии наук (Оренбург), кандидат экономических наук. E-mail: oren-icn@mail.ru

**Шелепов Дмитрий Александрович**, ассистент кафедры петрологии и прикладной геологии геологического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского. E-mail: shelepov@renet.ru



## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Chibilyov Aleksandr Aleksandrovich, junior**, Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS (Orenburg), head of laboratory of economical geography. E-mail: oren-icn@mail.ru

**Demakina Irina Ivanovna**, Agricultural Research Institute for South-East Region (ARISER) (Saratov), laboratory of agrometeorology, researcher. E-mail: raiser\_saratov@mail.ru

**Goncharenko Olga Pavlovna**, Saratov State University, geological faculty, department of petrology and applied geology, professor, head of department. E-mail: GoncharenkoOP@mail.ru

**Gubatenko Valeriy Petrovich**, Saratov State University, geological faculty, department of geophysics, professor. E-mail: gubatenkovp@gmail.com

**Ivanova Galina Fedorovna**, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, associate professor. E-mail: vikalol@mail.ru

**Kargashin Pavel Evgenievich**, Lomonosov Moscow State University, geographical faculty, department of cartography and geoinformatics, associate professor. E-mail: p.e.kargashin@mail.ru

**Kargashina Maria Alekseevna**, Lomonosov Moscow State University, geographical faculty, department of cartography and geoinformatics, leading engineer. E-mail: m.kargashina@mail.ru

**Kolotukhin Anatoly Trofimovich**, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of combustible minerals, associate professor. E-mail: mp.loginova@mail.ru

**Lapina Seraphima Nikolaevna**, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, associate professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

**Levitskaya Nina Grigorievna**, Agricultural Research Institute for South-East Region (ARISER), laboratory of agrometeorology, head of laboratory. E-mail: levickie@rol.ru

**Loginova Marina Pavlovna**, Saratov State University, geological faculty, department of geology and geochemistry of combustible minerals, associate professor. E-mail: mp.loginova@mail.ru

**Morozova Svetlana Vladimirovna**, Saratov State University, geographical faculty, department of meteorology and climatology, associate professor. E-mail: kafmeteo@sgu.ru

**Moskovsky Georgiy Aleksandrovich**, Saratov State University, geological faculty, department of petrology and applied geology, professor. E-mail: MoskovskyGA@info.sgu.ru

**Moskovskiy Igor Georgievich**, Saratov State Polytechnic University, department of applied mathematics and system analysis, associate professor. E-mail: mosig@mail.ru

**Pervushov Evgeniy Mikhaylovich**, Saratov State University, geological faculty, department of historical geology and paleontology, professor, head of the department. E-mail: pervushovem@mail.ru

**Preobrazhenskiy Yuriy Vladimirovich**, Saratov State University, geographical faculty, department of economical and social geography, assistant. E-mail: topofag@yandex.ru

**Ryabukha Anna Gennadyevna**, Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS (Orenburg), scientific secretary of Institute. E-mail: annaryabukha@yandex.ru

**Savinova Tatiana Nikolaevna**, Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS (Orenburg), research associate of laboratory of biogeography and monitoring of a biodiversity. E-mail: anaitat2009@yandex.ru

**Shelepov Dmitriy Aleksandrovich**, Saratov State University, geological faculty, department of petrology and applied geology, assistant. E-mail: shelepov@renet.ru

**Volkova Elena Nikolaevna**, Saratov State University, geological faculty, department of geophysics, associate professor, head of department. E-mail: volkovaen@info.sgu.ru